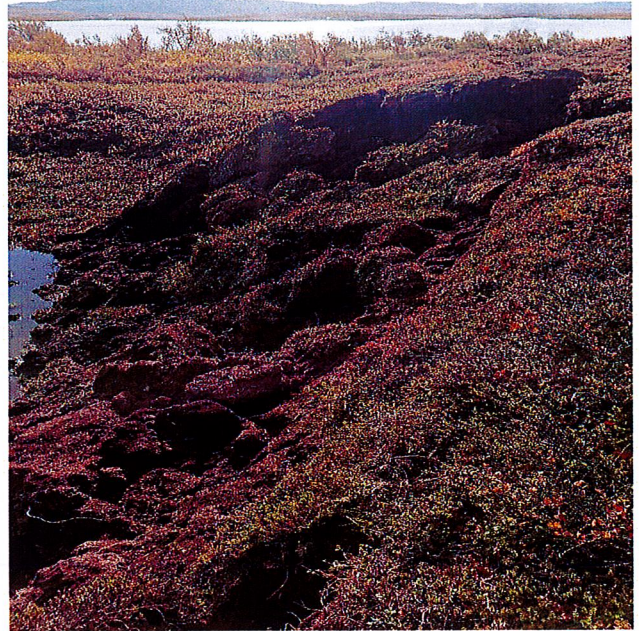


Palsar i Vissátvuopmi

Kartering och klassificering utifrån DEM-raster



Ivar Mägi Hurtig
Ellinor Gustafsson

Degree of Bachelor of Science
with a major in Geography
15 hec

Department of Economy and Society, Human Geography &
Department of Earth Sciences
University of Gothenburg
2020 B-1102



UNIVERSITY OF GOTHENBURG
Department of Economy and Society, Human Geography &
Department of Earth Sciences
Geovetarcentrum/Earth Science Centre

Palsar i Vissátvuopmi

Kartering och klassificering utifrån DEM-raster

Ivar Mägi Hurtig
Ellinor Gustafsson

ISSN 1400-3821

B1102
Bachelor of Science thesis
Göteborg 2020

Mailing address
Geovetarcentrum
S 405 30 Göteborg

Address
Geovetarcentrum
Guldhedsgatan 5A

Telephone
031-786 19 56

Geovetarcentrum
Göteborg University
S-405 30 Göteborg
SWEDEN

Sammanfattning

Palsar är torvkullar med en kärna av permafrost som förekommer i subarktiska miljöer med diskontinuerlig permafrost. Palsarna är mycket känsliga för klimatförändringar och har minskat snabbt till följd av den globala uppvärmningen, med bland annat tinande permafrost och förändrade livsmiljöer för växter, djur och människor som följd. Subarktiska torvområden är en stor kolsänka som riskerar att omvandlas till en kolkälla om permafrosten smälter med en mängd feedbackmekanismer som kan ha förödande konsekvenser för ekosystem, biologisk mångfald och samhälle. Det finns olika typer av palsar; kupolpals, åspals, strängpals, palsplatå och palskomplex, och tidigare studier indikerar att olika typer av palsar degraderas i olika takt. Syftet med denna studie är att kartera och klassificera palsar i Sveriges största sammanhängande palsmyr – Vissátvuopmi, för att öka förståelsen för förekomst och utbredning av olika typer av palsar. Kartering görs i Esri ArcMap och klassificeringen utgår ifrån Richard Åhmans avhandling varifrån den vidareutvecklas utifrån längd och bredd samt interna höjdvariationer (Range) för att ge en mer detaljerad bild av form, topografi och nedbrytning. Resultatet av karteringen visar att palskomplex utgör den största delen (63,4% eller 2 205 842 m²) av myrens palsar medan solitära palsplatåer utgör 34,4% eller 1 197 509 m² av palsarna. Palskomplexen är främst lokaliserade i de centrala delarna av myren, medan solitära palsplatåer främst förekommer i utkanten av myren, nedanför branta sluttningar. Det senare kan förklaras av topografi då snö kan ackumuleras längs sluttningarna i dalgångens kant, medan de flackare ytorna centralt på myren är mer utsatta för vind som tar bort snötäcket. En linjär regressionsanalys visar på ett statistiskt signifikant ($p < 0,05$) samband mellan palsplatåernas form (längd dividerat med bredd) och höjd över havet. Jämfört med andra studier är palsmyren i Vissátvuopmi unik i det hänseende att palskomplex och palsplatåer utgör en väldigt stor del av myren, vilket inte har varit fallet i andra studier i Fennoscandia. Hydrologiska mönster på myren har inte kunnat klargöras här, och skulle behöva studeras ytterligare. Vidare studier på palsförekomst och -morfologi i förhållande till klimatförändringar kan bidra till ytterligare förståelse för hur snabbt degraderingen av palsar sker.

Nyckelord: palsar, palsmyr, morfologi, klimat, degradering

Abstract

Palsas are peat hills with a core of permafrost that occurs in subarctic environments with discontinuous permafrost. The palsas are very sensitive to climate change and have declined rapidly as a result of global warming, with thawing permafrost and changing habitats for plants, animals and people as a result. Subarctic peat mires are a major carbon sink that risks being converted to a carbon source if the permafrost melts with a variety of feedback mechanisms that can have devastating consequences for, ecosystems, biodiversity, and society. There are different types of palsas; dome shaped palsas, ridge palsas, string palsas, palsa plateaus and palsa complexes, and previous studies indicate that different types of palsas are degraded at different rates. The purpose of this study is to map and classify palsas in Sweden's largest continuous palsa mire – Vissátvuopmi, to increase the understanding of the occurrence and spread of different types of palsa. Mapping is done in Esri ArcMap and the classification is based on Richard Åhman's dissertation, from which it is further developed based on length and width as well as internal height variations (Range) to give a more detailed picture of shape, topography and degradation. The results of the mapping show that palsa complexes make up the largest part (63,4% or 2 205 842 m²) of the palsas in the mire, while solitary palsa plateaus represent 34,4% or 1 197 509 m² of the palsas. The palsa complexes are mainly located in the central parts of the mire, while solitary palsa plateaus occur mainly on the outskirts of the mire, below steep slopes. The latter can be explained by topography, as snow can accumulate along the slopes at the edge of the valley, while the flatter surfaces central to the marsh are more prone to winds that remove the snow cover. A linear regression analysis shows a statistically significant ($p < 0,05$) relationship between the shape of the palsa plateaus (length divided by width) and elevation above sea level. Compared to other studies, the palsamire in Vissátvuopmi is unique in that palsa complexes and palsa plateaus form a very large part of the mire, which has not been the case in other studies in Fennoscandia. Hydrological patterns on the mire have not been clarified here, and would need further studies. Further studies on the occurrence of palsa and morphology in relation to climate change may contribute to further understanding of how rapidly the degradation of palsas occurs.

Keywords: palsas, palsa mire, morphology, climate, degradation

Förord

Genom institutionens fältkurs i subarktisk hösten 2018 anordnades en studieresa till norra Sverige, där vi bland annat besökte området Vissátvuopmi. Här både väcktes och förstärktes vårt intresse för klimat och subarktiska miljöer och vi är därför väldigt tacksamma att ha fått chansen att fördjupa vår kunskap kring det unika fenomen och miljöer som utgörs av palsar i denna kandidatuppsats i Geografi våren 2020.

De fotografier och bilder som förekommer i kandidatuppsatsen är tagna och skapade av oss om inte annat anges.

Vi vill först och främst tacka våra två suveräna handledare, Universitetslektor Mats Olvmo och Professor Sofia Thorsson, för stort stöd, handlingskraft och peppande i stunder av motgångar.

Tack till Universitetslektor Mats Olvmo som med sin stora passion för ämnet guidat oss både fysiskt, genom berg och myrar 2018, och psykiskt under detta arbete med inspiration, projektidé och datahantering.

Tack till Professor Sofia Thorsson för stort engagemang, kunskap inom statistik, vägledning och intresse för ämnet.

Vi vill även tacka Universitetslektor Jonas Lindberg och Professor Sofia Thorsson för en givande examenskurs.

Till slut vill vi också tacka våra härliga kurskamrater för värdefull kritik genom arbetets gång och för tre härliga år tillsammans

27/5-2020

Ivar Mägi Hurtig och Ellinor Gustafsson

Innehållsförteckning

Sammanfattning	2
Abstract	3
Förord	4
1. Introduktion	7
1.1 Bakgrund	7
1.2 Syfte	8
1.3 Frågeställningar	8
2. Kunskapsöversikt	9
2.1 Förutsättningar för palsbildning och palsars livscykel	9
2.2 Typer av pals	12
2.3 Morfologiskt inflytande på degraderingshastighet	12
2.4 Kartera pals genom flygfoton och höjddata	12
3. Studieområde	14
4. Data och metoder	17
4.1 Data	17
4.2 Metoder	17
4.2.1 Kartering av palsar	17
4.2.2 Klassificering utifrån Åhman	19
4.2.3 Subklassificering	22
4.2.4 Statistisk analys	22
5. Resultat	23
5.1 Kartering och klassificering av palsar	23
5.1.1 Generella mönster	23
5.1.2 Palskomplex	26
5.1.3 Palsplatåer	27
5.2 Subklassificering av palsplatåer och spatiala mönster	28

5.3 Regressionsanalys	33
6. Diskussion	35
7. Slutsats	39
Referenser	40

1. Introduktion

1.1 Bakgrund

Palsar är torvkullar med en kärna av permafrost som höjer sig över den omkringliggande myren och förekommer i subarktiska regioner med diskontinuerlig permafrost. Centralt för bildandet av palsar är att de inte tinar under sommarmånaderna, vilket kräver ett tjockt, isolerande torvlager (Seppälä, 1986). Palsar är unika företeelser i delar av Fennoscandia, Ryssland, Kanada och Alaska (Christensen et al., 2012) och är mycket känsliga för klimatförändringar. Dessa områden är extra utsatta eftersom klimatförändringarna fortskrider i accelererat tempo i Arktis och Subarktis (IPCC, 2014). Palsarna i norra Sverige och Norden har minskat markant i yta de senaste 100 åren (Zuidhoff & Kolstrup, 2000; Borge, Westermann, Solheim, & Etzelmüller, 2017) och förväntas degraderas ytterligare under det kommande århundradet till följd av den globala uppvärmningen (Fronzek, Luoto, & Carter, 2006; Borge et al., 2017; Olvmo et al., 2020).

Torvområden i subarktis innehåller cirka 14 % av den globala kollagringen i marken (IPPC, 2000). När permafrosten smälter till följd av uppvärmning omvandlas dessa områden från kolsänka till kolkälla. Växthusgaser i form av koldioxid och metan släpps då ut i atmosfären vilket ytterligare bidrar till uppvärmningen och kan sätta igång en snöbollseffekt av okända feedbackmekanismer. Palsmyrar innefattar rik biologisk mångfald hos bland annat fågelarter, insekter och växter (Luoto et al., 2004) men de används också av lokala invånare för transportvägar och betesmark för renar. Under förändrade klimatförhållanden kan snabb nedbrytning av palsar ha allvarliga effekter på växter, fauna, ekosystemet och människor som då inte hinner anpassa sig, och kan orsaka förluster i både ekonomi och biodiversitet (Christensen et al., 2004; Swindles et al., 2015). Vissátvuopmi är Sveriges största palsmyrområde och utgör ca 14 % av Sveriges totala palsyta (Länsstyrelsen Norrbotten, 2014). Tidigare studier i området visar en degradering av palsar (Mora & Thelin, 2018; Olvmo, Holmer, Thorsson, Reese & Lindberg, 2020). Olvmo et al. (2020) påvisar att skillnader i palsarnas morfologi påverkar degradationshastigheten och därmed känsligheten för klimatförändringar.

En detaljerad kartering av palsarnas morfologi och utbredning i hela myrområdet har aldrig tidigare gjorts. Att förstå hur dynamiken i en palsmyr kan bidra till fördjupad kunskap om effekterna och feedbacken från klimatförändringar och hur effekterna på den biologiska

mångfalden vid lokala områden kan komma att förändras. Skyddandet av palsmyrsområden ligger linje med FN:s globala mål 2030 för hållbar utveckling men också inom EU:s Natura 2000. Vissátvuopmi är dock för tillfället inte ett skyddat område som exempelvis en nationalpark, naturreservat eller Natura 2000, men ökad förståelse om området kan förhoppningsvis öka myndighetsinsatser för att minska effekterna från klimatförändringar i palsmyrområden. De tidigare studierna i området som nämnts har ej karterat palsförekomst över hela myrområdet, så en heltäckande bild saknas i dagsläget. Förekomst tillsammans med rumsliga variationer har inte heller studerats. Form, interna höjdvariationer och höjd över havet har inte analyserats ur ett rumsligt perspektiv i studieområdet och torde därför vara ett nödvändigt tillägg till kunskapsbasen.

1.2 Syfte

Denna studie kommer avhandla vilka typer av palsar som finns i området, vart de är lokaliserade och om det går att se mönster i var olika palstyper förekommer. Syftet med studien är att kartera och klassificera palsar i Sveriges största sammanhängande palsmyr - Vissátvuopmi, för att öka förståelsen för förekomst och utbredning av olika typer av palsar. Klassificeringen av palsarna bygger på Åhmans (1977) morfologiska kriterier, och dels på egna variabler, såsom interna höjdskillnader inom palsen, form (längd och bredd-förhållande) samt söndervitringsgrad. Dessa parametrar används för att generera subtyper/subklasser som blir en vidareutveckling av Åhmans (1977) klassificering. Genom främst höjddata från SLU och Lantmäteriet kan analyser göras i ArcMap för att få fram höjd och form på palsarna.

1.3 Frågeställningar

- Vilka olika typer och subtyper av palsar förekommer i området Vissátvuopmi?
- Var förekommer olika typer av palsar i Vissátvuopmi och vilka rumsliga mönster förekommer?

Studien förväntas bidra med en heltäckande kartering och klassificering av palsar i Vissátvuopmi, samt utveckla en mer djupgående klassifikation som ytterligare nyanserar den morfologiska beskrivningen av palsarna. Klassifikationen öppnar även dörren för att analysera palsförekomsten och studera eventuella rumsliga samband i var olika palstyper förekommer. Studien kan komma att utgöra ett underlag för framtida studier av hur olika palstyper reagerar på klimatförändringen.

2. Kunskapsöversikt

2.1 Förutsättningar för palsbildning och palsars livscykel

Palsar är geomorfologiska fenomen och hur de bildas beror på en mängd olika faktorer. Palsar förekommer i områden med torvmarker och diskontinuerlig permafrost. Faktorer som bland annat vind, in- och utstrålning, molnighet, temperatur, nederbörd, topografi, torvtjocklek, vattendrag och vilken jordart som finns i området har väldigt stor påverkan i hur, och om, en formation av en pals blir (Åhman, 1977). Det är svårt att definiera vad de exakta karaktäristiska dragen är för palsbildning, då de lokala förhållandena spelar en stor roll och väderstationer i norra Sverige är glest utplacerade (Seppälä, 2011). Dessutom behövs historisk data för att se hur palsar bildats då de kan vara uppåt 100 år gamla (Kjellman, Axelsson, Etzelmüller, Westermann, & Sannel, 2018).

Palsar bildas genom frosthävning (Figur 1) i myrmarker med torv och så kallade aktiva lager det vill säga, där det yttersta skiktet tinar under sommarmånaderna och möjliggör tillförseln av vatten i form av exempelvis nederbörd eller snösmältning. Torven fryser sedan till igen under vintern och bildar iskärnor (Seppälä 2011). Inledningsvis lyfts den frusna torven, vilken ligger ovanpå den ofrusna torven till följd av skillnader i densitet. Iskärnor, eller segregationsis, bildas när torven når den underliggande mineraljorden (Seppälä 2011). Torv har dålig värmekonduktivitet och begränsar/förhindrar upptiningen utav iskärnan i palsen under sommarmånaderna. Iskärnan förblir fryst under sommaren och bygger således på sig år efter år. Tjockleken på torvlagret har en betydande roll i palsformation men värmekonduktiviteten och torvens isolerande egenskaper förändras beroende på hur vattenmättad torven är (Seppälä 2011).

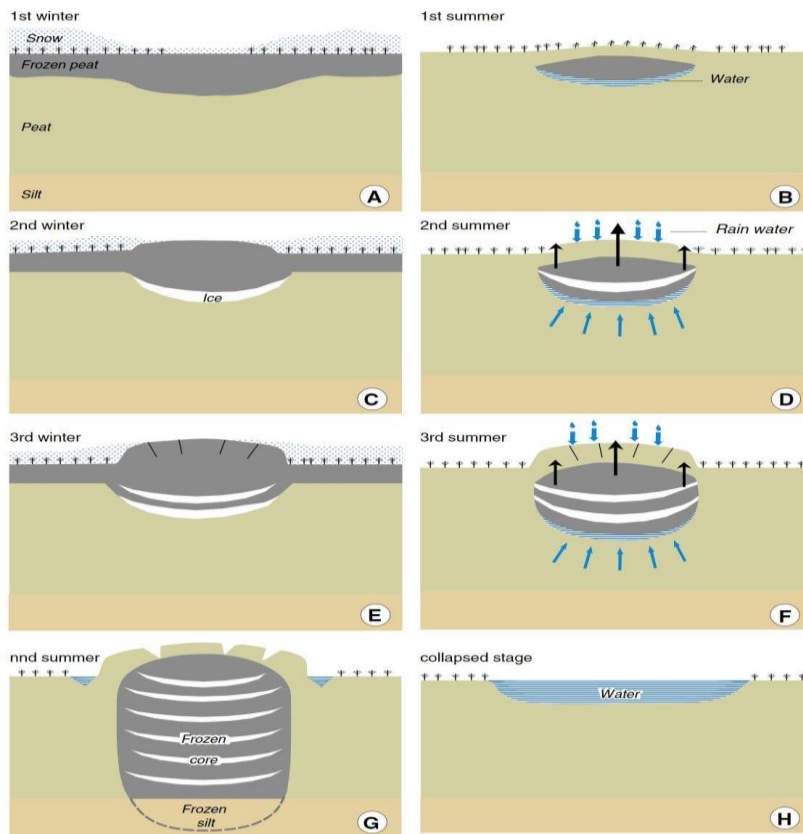


Figure 1. A-B The formation of a palsa begins when the wind creates a thin layer of snow on a bog and the frost penetrates deep into water-saturated peat. The surface of the bog rises and forms a little bulge. The surface of the palsa embryo dries out because of the bulge and the vegetation cover begins to change.

C-D Dry peat with low thermal conductivity protects the frozen core during the summer. With the autumn rain, the peat's water content increases again, which allow a deeper freezing and the palsa begins to rise.

E-F The palsa become taller and the peat layer bursts, more water and frost can penetrate the ground layers and increase the palsas volume further.

G-H Finally, crack formation becomes so large that the palsa is no longer stable, and it begins to collapse.

Water accumulates along the edges and speeds up the degradation. When the palsa is completely collapsed, all that remains is one body of water in the form of a thermokarst pond (Seppälä, 2010).

Figur 1. A-B. Palsformationen börjar när vinden tunnar ut snöskiktet på en myr och frosten tränger djupt ned i vattenmättad torv. Myrytan reser sig och bildar en liten uppbuktning. Ytan på palsembryonet torkar ut genom uppbuktningen och vegetationstäcket börjar förändras.

C-D Torr torv med låg värmeledningsförmåga skyddar den frusna kärnan under sommaren. Med höstregnet så ökar torvens vatteninnehåll igen och möjliggör en djupare frysning och palsen börjar stiga.

E-F Palsen blir högre och torvlagret spricker upp, mer vatten och frost kan tränga ner i marklagren och ökar palsens volym ytterligare.

G-H Slutligen börjar sprickbildningen bli så pass stor att palsen inte längre är stabil och den börjar kollapsa. vatten ansamlas längs kanterna och snabbar på degraderingen. När palsen slutligen är helt kollapsad återfinns bara en vattenkropp i form av en termokarstsjö (Seppälä, 2010).

Vatten hittar man nästan alltid i anslutning till palsområden och är både en viktig förutsättning för palsbildning men kan också vara förödande för en pals i för stor mängd. När för mycket vatten ansamlas smälter iskärnan och palsen kollapsar (Länsstyrelsen, 2014; Backe, 2014). Förekomsten av vattensamlingar kan tyda på tidigare palsdegradation i form av termokarstsjöar eller ackumuleringen av vatten på grund av nederbörd, topografin eller hydrologin i området (Vallée & Payette, 2007). De klimatiska förhållandena för att palsar ska bildas är som nämnt svåra att fastslå exakt men man vet att det krävs ett relativt torrt klimat med låg årsnederbörd på runt 363 mm per år och en medeltemperatur på -4 °C (Olvmo, et al., 2020).

Snötäcket i dessa områden brukar ligga runt 200 dagar om året. Snön isolerar och förhindrar frosten för att tränga djupare ner i marken under vintern (Seppälä, 1990). Stort snödjup är således ofördelaktigt för palsar och resulterar även i större vattenmängd under snösmältningen till våren vilket ökar på degraderingen utav pals. Palsar förekommer därför ofta i öppna områden där vind motverkar att snön ackumulerar sig i större grad. (Länsstyrelsen, 2014). När palsbildningen är i sin begynnelse och bildat en någorlunda höjning så motverkar även höjden snön för att ansamlas, då höjden är mer exponerad för vind.

Jordarten under torven spelar också en roll i hur palsen utvecklas, om det exempelvis finns mineraljord eller silt i området hjälper detta till att häva jorden i en större grad än vad torven gör. När frosten tränger sig hela vägen ner i torvlagret och in i mineraljorden kan palsen öka snabbare i storlek då den har högre frosthävningspotential än torven (Seppälä, 2011).

Höjningen orsakar att torven torkar successivt och vegetationen på en pals är följaktligen väldigt sparsam eller berikad med arter som är anpassad för de torra och sura förhållanden som finns på en pals (Seppälä, 1990). Vegetationen kan således vara en indikator på hur fuktigt ett område är och vegetationen för palsar varierar därmed mellan olika typer av lavar, mossor, risvegetation, dvärgbjörk, halvgräsvegetation och/eller bar torv (Länsstyrelsen, 2014).

2.2 Typer av pals

Det finns olika typer av palsar. Åhman (1977) klassificerar palsar i platåpals, kupolpals, åspals, strängpals och palskomplex.

- **Palsplatåer** definieras som vidsträckta palsytor som täcker ytor om minst 1000 m², men det kan även röra sig om upp till 50 000 m² eller i sällsynta lägen så mycket som 1 km².
- **Åspalsar** definieras som längre ryggbildningar mellan 50 och 500 meter långa, med en höjd av 2-6 meter. Bredden varierar mellan 10-40 meter. Palsstypen är mindre vanligt förekommande. Åspalsar följer ofta dräneringsstråk på myren (Åhman, 1977).
- **Strängpalsar** är 1-3 meter höga, 25-100 meter långa ryggar med en bredd som varierar mellan 2-10 meter. Strängpalsar är således mindre jämfört med åspalsarna (Åhman, 1977).
- **Kupolpalsar** är 2-7 meter höga och karaktäriseras av en basomkrets som är cirkulär, eller i vissa fall oval. Övriga storlekskvalifikationer saknas i litteraturen (Åhman, 1977).
- **Palskomplex** är ett större sammanhängande område palsar med mer eller mindre sammanvuxna palsar av olika typ (Åhman, 1977).

2.3 Morfologiskt inflytande på degraderingshastighet

Det finns indikationer på att palsarnas morfologi har betydelse för degraderingshastigheten. Kupolpalsar och åspalsar har degraderat i snabbare takt än palsplatåer i Vissátvuopmi. Det kan bero på exempelvis palsens höjd, då högre höjd kan leda till att mycket snö ackumulerar på palsens sidor, och en högre pals kan också utsättas för vinderosion som leder till abrasion av torven. Det kan leda till att den isolerande effekten försvinner (Olvmo, et al., 2020).

2.4 Kartera pals genom flygfoton och höjddata

För att kunna lokalisera palsar över större områden kan man använda sig utav flygfoton och höjddata (Figur 2). Ett DEM-raster med en hillshade-effekt gör att det är enkelt att se var höjningar på myren finns men dessa kan variera i upplösning och annan terräng, såsom exempelvis sporadisk vegetation i form av träd eller berg, visas också som upphöjningar. Därför kan det vara en fördel att kombinera höjddata med flygfoton som ett komplement för att se att det man tolkar som pals faktiskt är pals. Palsar har en speciell karaktär i flygbild och

typiska former att leta efter är slingrande, rundade former med jämn struktur av bruna-grå-gröna toner som höjer sig från omgivningen, vilket ofta syns genom att de kastar skuggor och ger en slags 3D-effekt (Länsstyrelsen 2014).

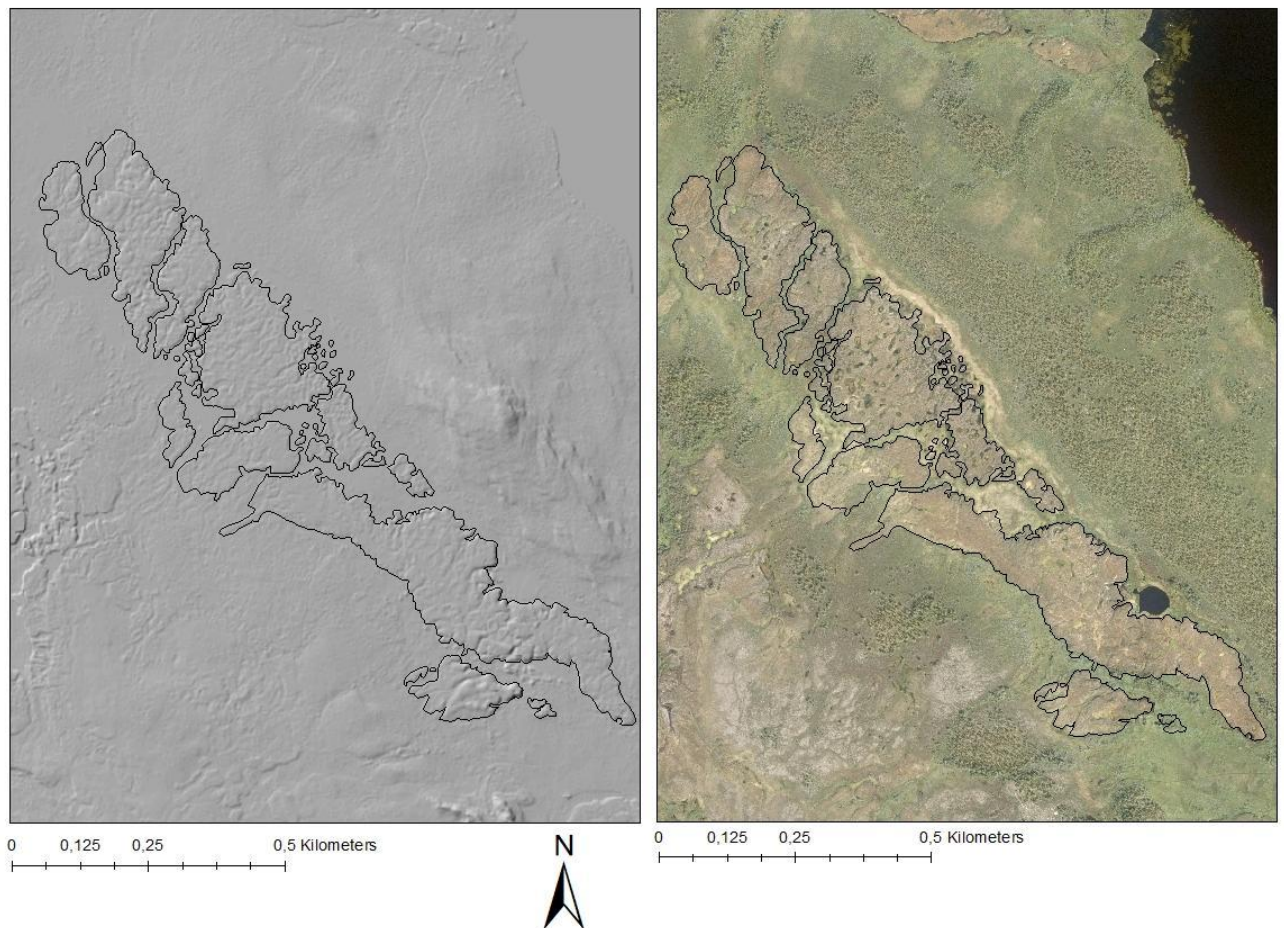


Figure 2. A comparison of a hillshaded DEM (to the left) and an orthophoto, summertime (to the right). The clarity of what counts as palsa emerges in different ways. The DEM shows the ground terrain itself, without vegetation, with a 3D effect. The orthophoto shows color differences and the characteristics of the color of the peat.

Figur 2. En jämförelse utav terrängskuggat DEM (till vänster) och ett ortofoto sommartid. Tydligheten i vad som är pals framkommer på olika sätt. DEM-rastret visar själva markterrängen, utan vegetation, i 3D-effekt. Ortofotot framhäver färgskillnader och torvens karaktäristiska färg.

3. Studieområde

Studien har skett i området Vissátvuopmi (Figur 3), Sveriges största sammanhängande palsmyr, vilket utgör cirka 14 % av Sveriges totala palsyta. Området ligger i norra Sverige strax utanför byn Saarikoski (koordinater: 68°48'13"N 21°14'49"E), cirka 11,3 mil norr om Kiruna. Byn är liten och ligger precis vid den finsk-svenska gränsen, som utgörs av Könkämäälven. Vissátvuopmi ligger inte inom något skyddat område, men utsätts för relativt lite mänsklig påverkan då det är så pass avlägset beläget. Det går emellertid att se en antropogen effekt inom studieområdet då hjulspår från terrängfordon korsar både myr och palsar på diverse ställen. Palsarna och palskomplexen som undersökts genom fjärranalys ligger på en myr som är ca 12 km lång. Studieområdet har begränsats till att fokusera på just själva myrområdet och utesluter bergssluttningarna, med en area på 19,63 km².

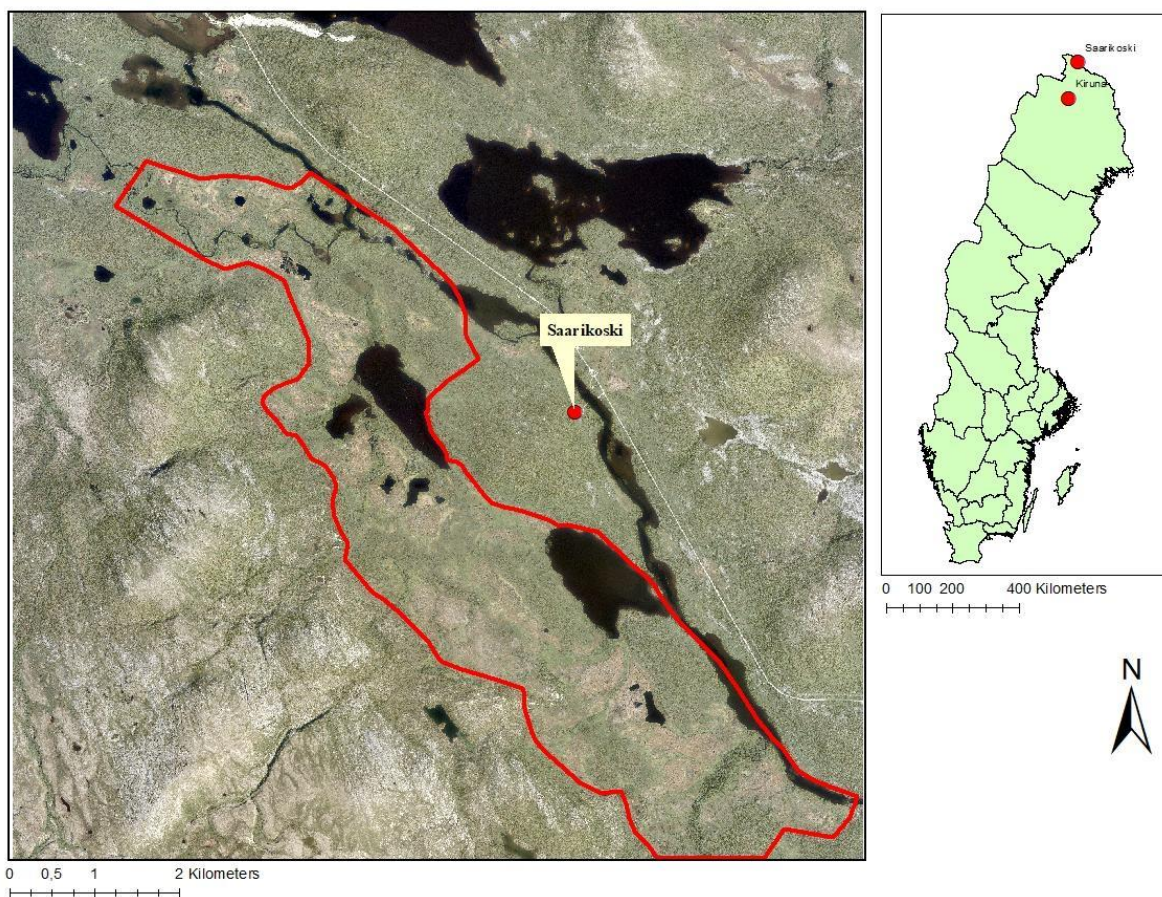


Figure 3. The study area Vissátvuopmi is located ca 2 km from the village of Saarikoski and is marked with a red outline

Figur 3. Studieområdet Vissátvuopmi ligger ca 2 km från byn Saarikoski och syns här med röda linjer

Myren är en blandmyr med främst torv och annan torrvegetation (Figur 4), som exempelvis ris utav olika slag (kråkbär, lingon, blåbär), mossor och dvärgbjörk. Dock förekommer en speciell typ av palsvegetation i Vissátvuopmi som domineras av halvgräs (exempelvis tuvull) och denna vegetationstyp är sällsynt förekommande inom Sveriges palsområden (Länsstyrelsen 2014). De träd som förekommer på sina ställen är fjällbjörkar.

Jordlagerföljden i området är silt och morän vilket baseras på en studie av ett mindre område i Vissátvuopmi med hjälp av georadarteknik (Cederbrant & Wing, 2019)



Figure 4. A piece of eroded edge on one of the dome shaped palsas in Vissátvuopmi. In addition to water accumulation and peat, vegetation such as dwarf birch, cotton-grass, crow berries, lingonberries and cloudberries can be seen here.

Figur 4. En bit av eroderad kant på en av kupolpalsarna i Vissátvuopmi. Här skymtas utöver vattenansamlingen och torv, vegetation som exempelvis: dvärgbjörk, tuvull, kråkbär, lingon och hjortron,

Området ligger ungefär 450 meter över havet i en dalgång som generellt är ganska flack, bortsett från palsformationerna, och omges av berg som exempelvis Kirkkovaara (645 m ö.h.), Sabitoaivi (694 m ö.h.) och Doaresoaiivi (767–604 m ö.h.). Området är också omgivet av sjöar som exempelvis Veivijärvi och Vittankijärvi och bäckar som leder från och mellan dessa, samt biflöden från den större Könkämäälven, som löper längs den svensk-finska gränsen.

Enligt Köppen-Geiger climate classification system klassificeras området kring Saarikoski som Dfc, vilket innebär att det är ett subarktiskt klimat med snö och kalla temperaturer, hög fuktighet och svala somrar. Den normala nederbördsmängden per år är ca 400 mm (SMHI, 2017a) och medeltemperaturen ligger på -2 till -3 C° per år (SMHI, 2017b). Området är snötäckt ungefär 200 dagar om året (SMHI, 2017c). Ovanstående temperatur och nederbördsmängd är för höga för att nya palsar ska kunna bildas, och i och med klimatförändringar så har detta område förändrats kraftigt de senaste decennierna och kommer fortsätta förändras framöver (Olvmo, et al., 2020).

4. Data och metoder

I följande kapitel beskrivs den data och de metoder som använts vid kartering, klassificering och subklassificering av palsar. Vidare beskrivs de statistiska analyserna som gjorts för att undersöka samband mellan olika morfologiska variabler och lokala förhållanden.

4.1 Data

DEM-rastret över studieområdet kommer från Lantmäteriet och hämtas från Sveriges Lantbruksuniversitets (SLU) nedladdningstjänst för geodata. Datan (som är höjddata) har en upplösning på två meter och består av rutor (tiles) vars data bygger på laserskanningar gjorda 2015 och 2018. Ortofotot hämtas på samma sätt som DEM-rastret, och är även det uppdelat i rutor, samtliga från 2016-08-18. Upplösningen är 0,5 meter och färgskalan är RGB (röd-grön-blå), det vill säga, färgerna presenteras såsom de uppfattas av det mänskliga ögat. Ett äldre ortofoto från 1963-08-01 har också hämtats från Lantmäteriet som en referens till tidigare palsutbredning.

4.2 Metoder

4.2.1 Kartering av palsar

Palsarna karteras genom visuell tolkning av en terrängskuggning av DEM-rastret. I lägen där höjddatan är svårtolkad används ortofoto som komplement till gränsdragningen kring palsarna.

Karteringen görs manuellt i programvaran Esri ArcMap (version 10.5.1) genom att polygoner ritas runt palsar på myren. Olika klassificeringar tilldelas olika färger för att ge en visuell överblick över området, samt för att förenkla karteringen och förhindra att solitära plåtå- och kupolpalsar inte framstår som delar i större palskomplex. Under karteringen konstrueras även höjdprofiler över palsar med hjälp av verktygsfåran 3D Analyst (ArcMap). Höjdprofilerna används som hjälpmedel för att klassificera palsarna morfologiskt, med information om såväl tvådimensionell utbredning som höjd.

Författarna karterar olika delar av myren, vilket lämnar utrymme för tolkningsskillnader. Denna risk minimeras så långt som möjligt genom att vardera författare tar ett stickprov av palsar från den andres tolkningar och gör en egen kartering, varpå skillnader i area beräknas

för respektive tolkning. På så vis kan felmarginalen mellan författarnas tolkning fastställas till 4,4 %.

Table 1. Palsas that were mapped by both thesis authors separately, as well as the difference in perception of both area and percentage per palsa.

Tabell 1. Palsar som karterades utav båda uppsatsförfattarna separat, samt skillnaden i uppfattning av både area och procent per pals.

Pals (polygonnamn)	Ellinor (m ²)	Ivar (m ²)	Skillnad (m ²)	Skillnad (%)
Kompl 1 test	375 400	355 339	20 061	5,3
1 test	137 467	131 327	6 140	4,5
2 test	38 646	41 904	3 258	7,8
3 test	5 480	5 323	157	2,9
4 test	9 909	10 051	142	1,4
5 test	47 040	49 110	2 070	4,2
Medelvärde			5305	4,4

För att visa ytterligare på hur mycket det kan skilja mellan olika personers tolkningar av en palsas yta gjordes även en jämförelse mellan palspolygoner gjorda av uppsatsförfattarna och tidigare tolkningar som tillhandahölls av handledare. Där fastslogs istället en felmarginal på 3 %.

Table 2. Palsas that were mapped separately by the essay authors and supervisors, as well as the difference in perception of both area and percentage per palsa.

Tabell 2. Palsar som karterades utav uppsatsförfattarna och handledare separat, samt skillnaden i uppfattning av både area och procent per pals.

Pals (polygonnamn)	Vår uppskattning (m ²)	Referens (m ²)	Skillnad (m ²)	Skillnad (%)
1	16 189	16 390	201	1,2
2	21 704	22 505	801	3,6
3	176 960	167 575	9 385	5,3
4	89 960	87 312	2 648	2,9
5	22 159	21 755	404	1,8
6	16 629	16 303	326	2
7	55 983	58 555	2 572	4,4
Medelvärde			2 334	3

4.2.2 Klassificering utifrån Åhman

Klassificeringen görs först och främst utifrån Åhmans (1977) angivna klasser: platåpals (Figur 5), åspals (Figur 6), kupolpals (Figur 7), strängpals och palskomplex (Figur 8). Med hjälp av areaberäkningar och höjdmätningar i ArcMap så bestäms klassen för områdets palsar utifrån karaktäristika i Åhman. I den här studien har fristående palsar mindre än 50 000 m² klassificerats som palsplatåer.

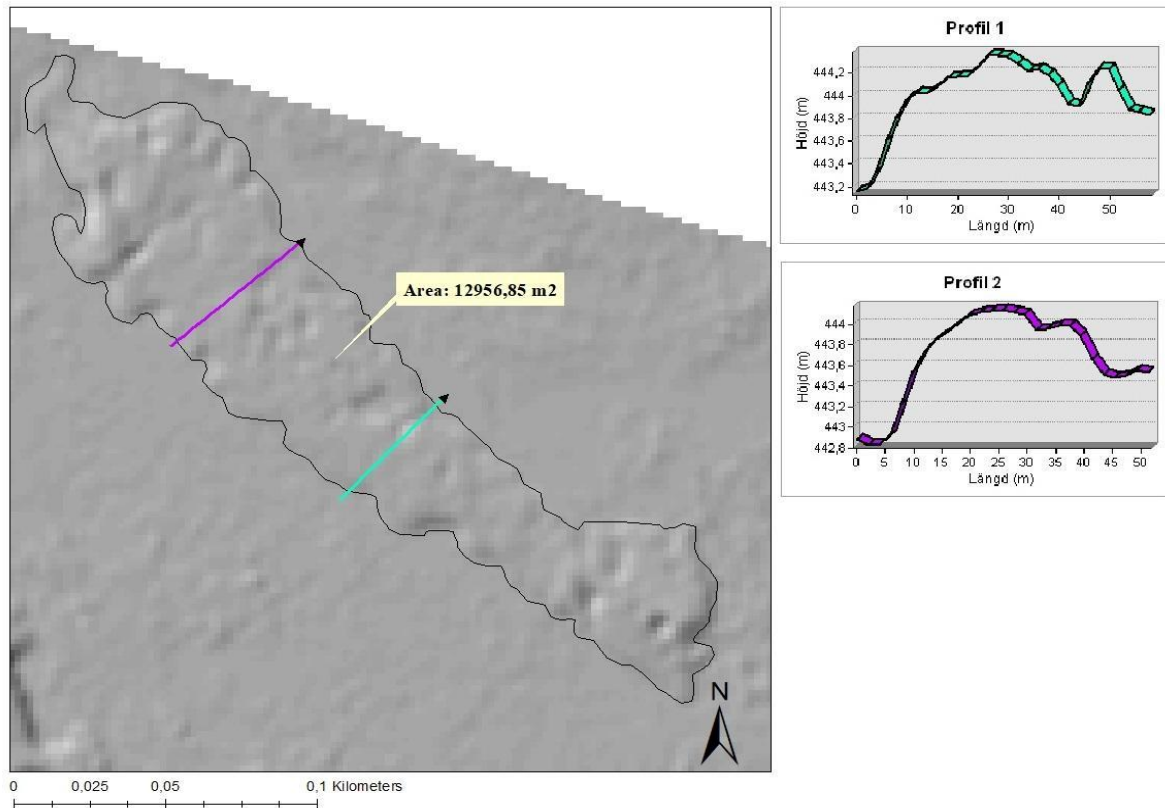


Figure 5. An example of a plateau palsa in the hillshaded DEM. Two elevation profiles are also included, which support the classification as a plateau palsa, as the elevation is too low for a ridge palsa and too wide for a string palsa.

Figur 5. Ett exempel på en palsplatå i terrängskuggad DEM. Två höjdprofiler stödjer klassificeringen som palsplatå, eftersom höjden är för låg för att utgöra en åspals, och palsen är för bred för att vara en strängpals.

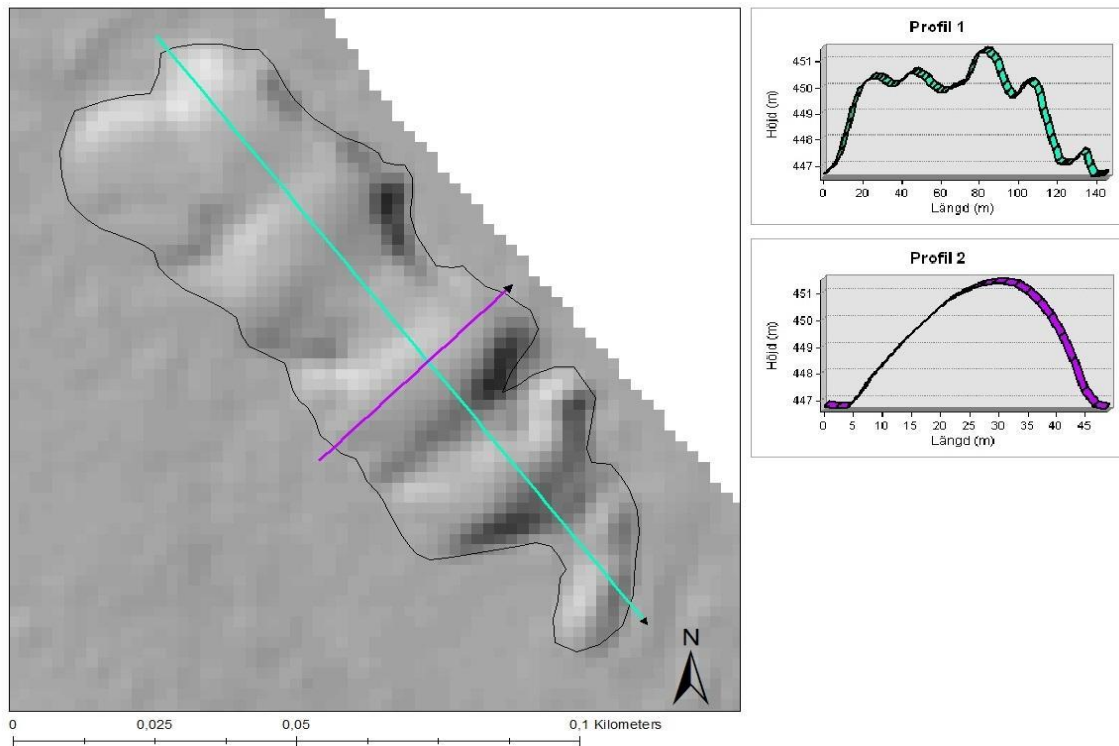


Figure 6. An example of a ridge palsa in the hillshaded DEM. The elevation profiles show that the height and width of the palsa fits Åhman's criteria to be classified as a ridge palsa.

Figur 6. Ett exempel på en åspals i terrängskuggad DEM. Höjdprofilerna visar att höjden och bredden på palsen passar in på Åhmans kriterier för att klassas som åspals.

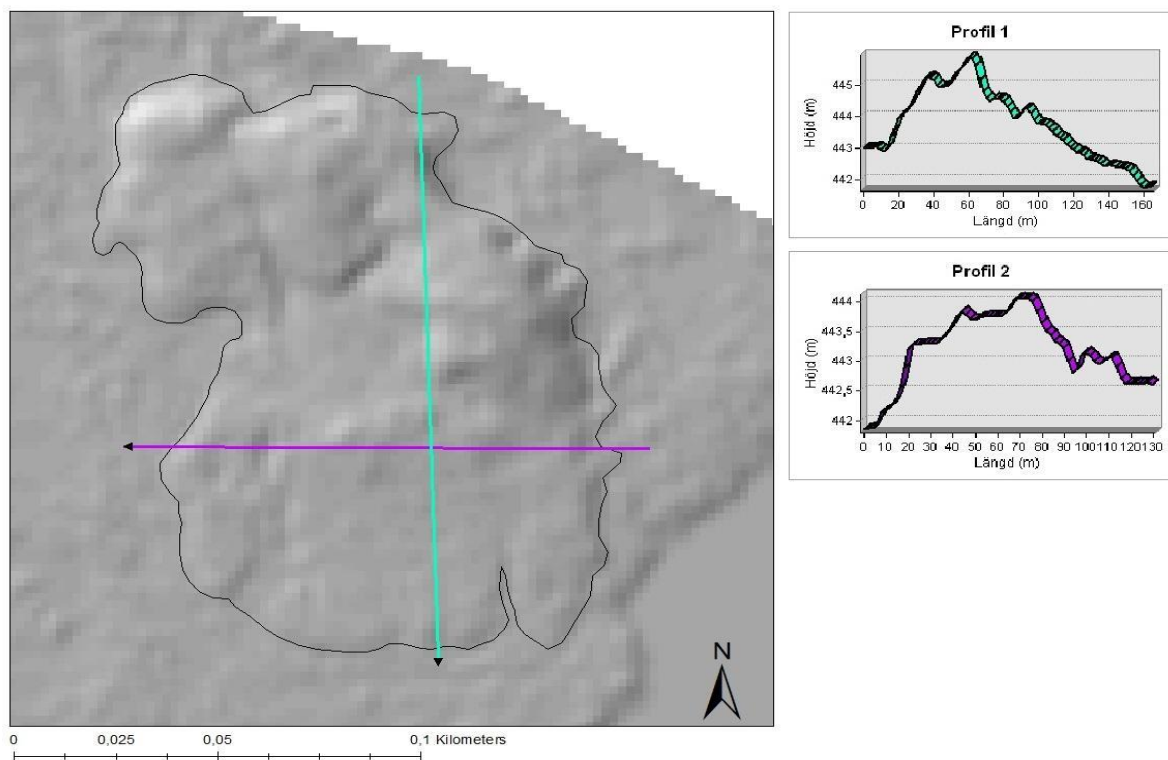


Figure 7. An example of a dome palsa in the hillshaded DEM. The elevation profiles show that the height of the palsa fits Åhman's criteria, and the base of the palsa is rather circular/oval, which defines the dome palsa.

Figur 7. Ett exempel på en kupolpals i terrängskuggad DEM. Höjdprofilerna visar att höjden passar in på Åhmans kriterier, och palsens basomkrets är cirkulär/oval, vilket definierar en kupolpals.

I den här studien definieras palskomplex något annorlunda än vad som anges av Åhman (1977); som grupper av palsar som tillsammans täcker en yta större än 50 000 m² och ligger inom 10 meter från varandra, för att förenkla tolkningen genom att sätta tydligare gränser än vad som finns i litteraturen (Figur 5).

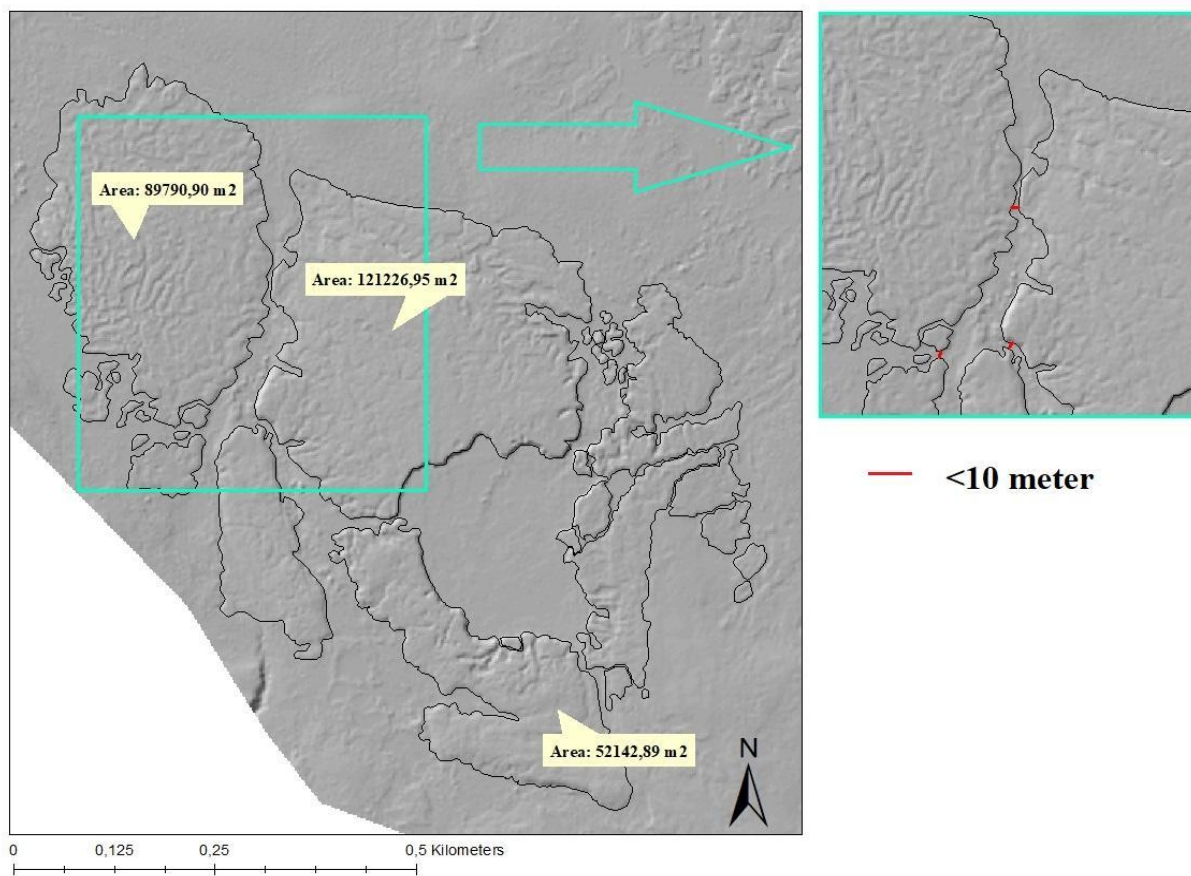


Figure 8. An example of a palsa complex in the hillshaded DEM. Vast plateaus are evident, and in the smaller map, the distance between the different plateau is shown to be less than 10 m, which has been defined as the limit for palsa complexes in this study.

Figur 8. Ett exempel på ett palskomplex i terrängskuggad DEM. Stora platåpalsar syns tydligt, och i den mindre kartan visas att distansen mellan de olika platåpalsarna underskrider 10 m, vilket har definierats som gränsen för palskomplex för den här studien.

4.2.3 Subklassificering

En rad mer detaljerade underklasser bestäms sedan utifrån egendefinierade variabler, närmare bestämt längd-bredd-förhållande (L/B) och interna höjdvariationer (Range). Palsarnas längd och bredd mäts med måttbandsfunktionen i ArcMap och sedan används verktyget Zonal Statistics as Table från verktygslådan Spatial Analyst Tools i ArcMap. Verktyget beräknar medelhöjd, maximum- samt minimihöjd och range på DEM-rastret inom gränserna för enskilda polygoner. Därigenom kan uppgifter om dessa variabler tas fram för varje individuell palsplatå.

Två index fastställs utifrån ovan nämnda information, för att vidare specificera palsmorfologin. Palsens längd divideras med dess bredd för att generera ett så kallat L/B-index som beskriver relationen mellan palsens längd och bredd. En kupolpals med cirkulär basomkrets kommer ha ett indexvärde nära 1 eftersom längd och bredd är snarlika, medan en avlång palsplatå kommer att ha ett högre indexvärde. Det andra indexet, som deriveras med hjälp av Zonal Statistics as Table, är "Range", vilket innebär skillnaden i meter mellan palsens högsta och lägsta punkt. Detta visar hur kuperad eller flack en pals är och framhäver inre variationer i palsarnas morfologi.

Range och L/B-indexet delas upp i grupper för att bestämma vilka värden som bedöms utgöra samma subclass. Dessa kan sedan visualiseras i ArcMap för att undersöka spatiala samband. Dels grupperas Range och L/B-index för sig i sex grupper var, och dels kombineras dessa för att undersöka spatiala samband mellan de olika subclasserna.

4.2.4 Statistisk analys

En linjär regressionsanalys görs i programvaran SPSS, ett program för statistiska analyser, för att utreda eventuella samband mellan morfologi (L/B och Range) och lokala förhållanden (höjd över havet).

5. Resultat

Nedan presenteras karteringen, klassificeringen samt subklassificeringen av palsarna. Generella spatiala mönster presenteras först, därefter redovisas palsplatåer och palskomplex i detalj, då de tar upp en övervägande del av resultatet.

5.1 Kartering och klassificering av palsar

5.1.1 Generella mönster

Inom området förekommer 94 fristående palsar samt 15 palskomplex och den totala palsytan uppgår till 3 477 000 m², vilket motsvarar 17,71 % av studieområdet. Palsplatåer är den dominerande enskilda palstypen sett till antal individer, medan stora palskomplex täcker störst yta, framförallt i områdets södra delar. Endast en åspals och två kupolpalsar förekommer i området (Tabell 3). Det förekommer inga strängpalsar i området. Ett stort antal palsar som saknar tillräcklig yta för att klassificeras som palsplatåer, och som är för små på såväl längd som bredd för att passa in i övriga klasser finns över hela studieområdet och klassificeras här som restpalsar (Figur 9). Figur 10 visar en översikt över området, med samtliga Åhmans palstyper som kan lokaliseras. Stora palskomplex täcker studieområdets inre centrala delar, medan solitära palsplatåer främst förekommer ut mot kanterna av området. Två kupolpalsar och en åspals lokaliseras även vid områdets kanter. Åhmans palsklasser som förekommer inom området summeras i Tabell 3.

Table 3. Åhman's different palsa types listed with number of units as well as the percentage of the total palsa surface in the study area, and the area, measured in square meters.

Tabell 3. Åhmans palsklasser som förekommer i området listat med antal individer, procent av total palsyta samt arean i kvadratmeter.

	Antal	Area (m ²)	Procent av total palsyta (%)
Palskomplex	15	2 205 842	63,4
Palsplatå	73	1 197 509	34,4
Kupolpals	2	27 132	0,8
Åspals	1	4 796	0,1
Rest	18	41 869	1,2

Restpalsarna som förekommer har i de flesta fall kunnat konstateras vara degraderade rester av tidigare palsplatåer eller palskomplex, med hjälp av ett äldre flygfoto från 1960 (Figur 9). I de fall där palsresterna inte kunnat konstaterats vara rester av gamla, tidigare större palsar

beror det på att det äldre flygfotot varit av för dålig kvalitet eller att moln har blockerat området.

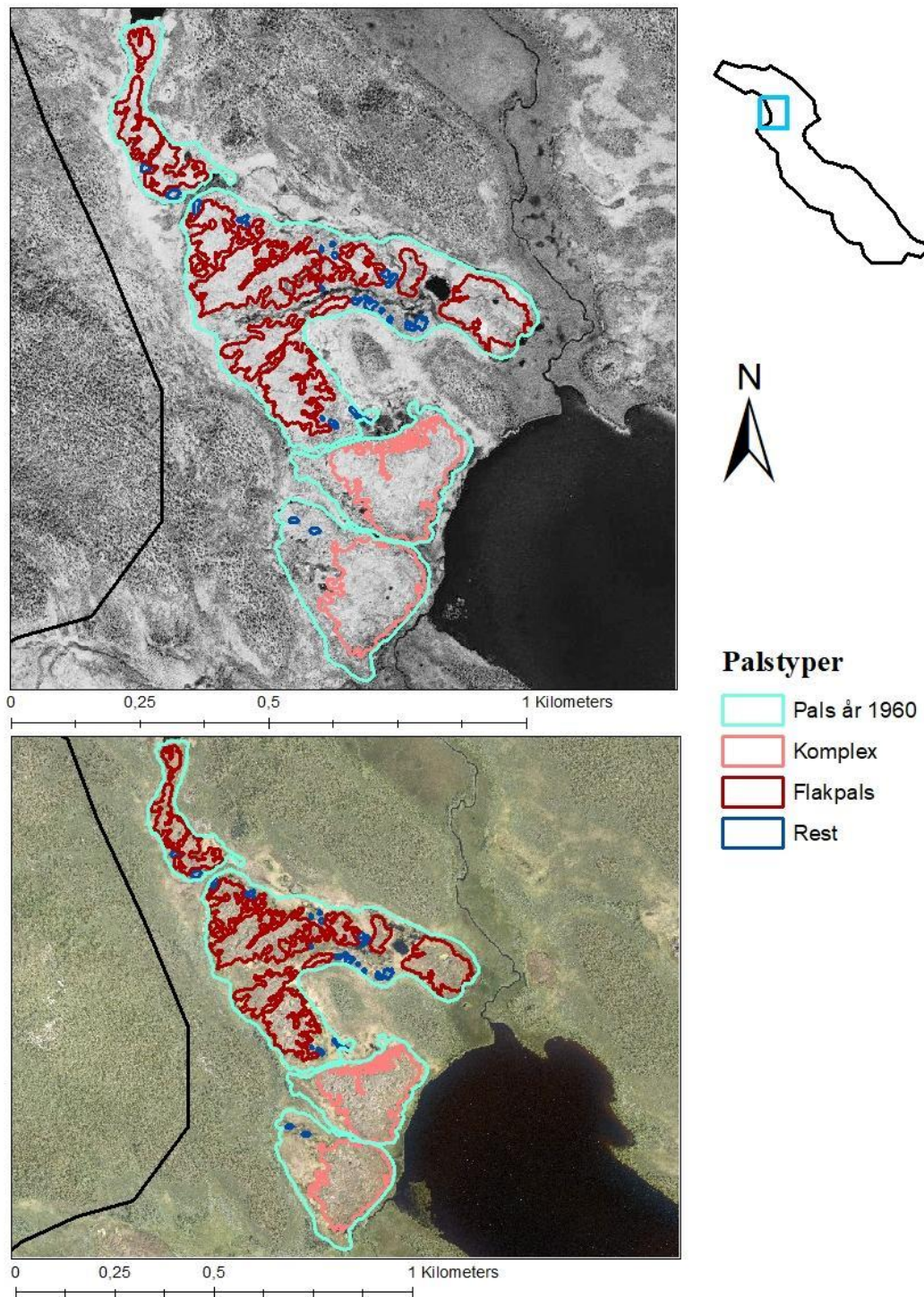


Figure 9. An area of interest with a lot of palsa remains. Above: an old aerial photo from 1960 where you clearly see that the area previously consisted of more cohesive palsa complexes/plateaus with the palsa remains included. Below: an orthophoto from 2016.

Figur 9. Ett område med många restpalsar. Ovan: äldre flygfoto från 1960 där man tydligt ser att området tidigare bestått av mer sammanhängande palskomplex/palsplatåer med palsresterna inkluderade. Nedan: ortofoto från 2016.

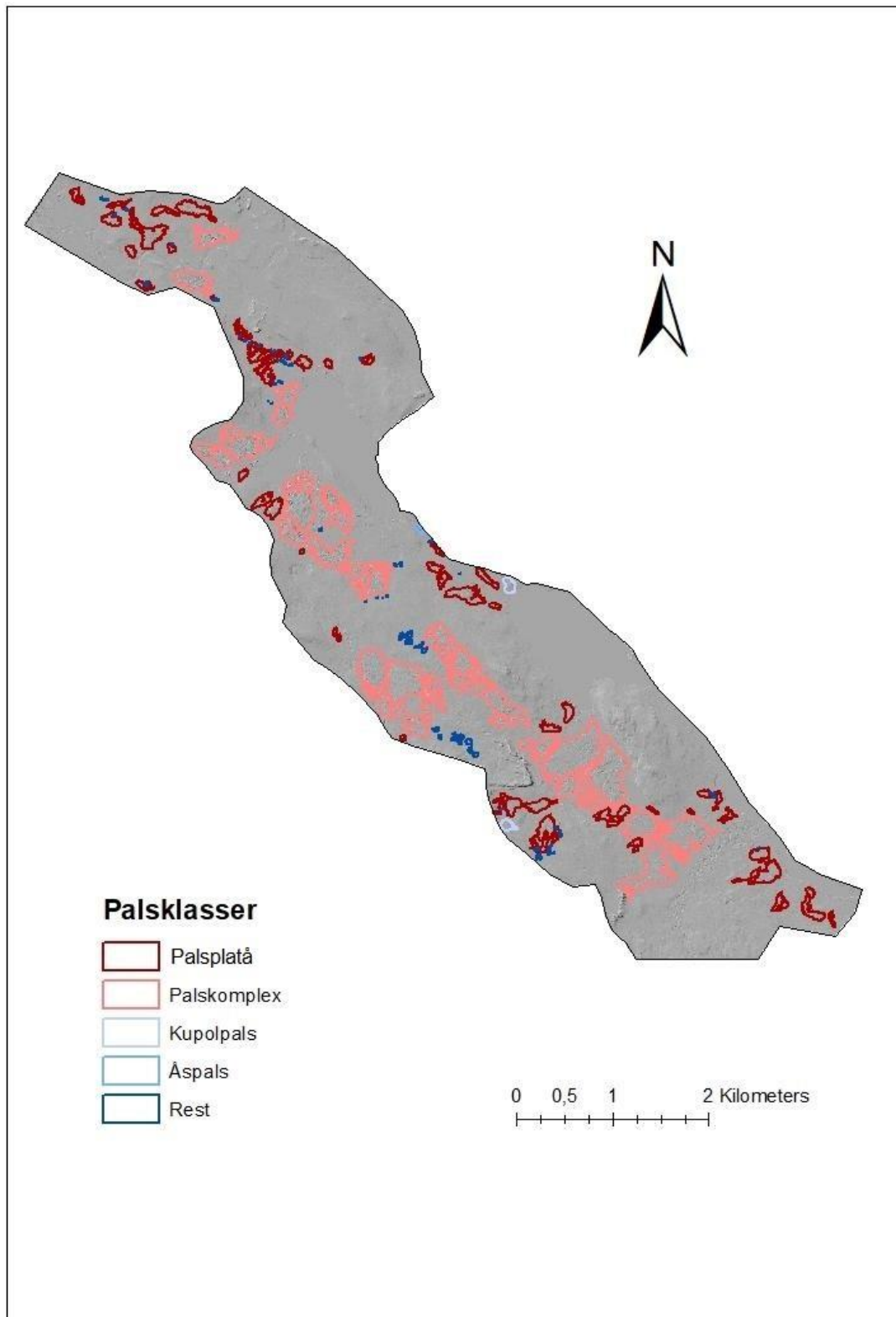


Figure 10. Map providing an overview of the study area, with the different palsa types defined in Åhman (1977). Widespread complexes are visible across the mire, but mainly in the southern and central parts. The map also includes the “rests”, palsas too small to fit in any other category. In isolated cases, these rests have been found to be the degraded remnant of earlier plateaus.

Figur 10. Översigtskarta över studieområdet med Åhmans (1977) palsklasser. Vidsträckta komplex syns över området, framförallt i de södra och centrala delarna. Även de respalsar som lokaliseras finns med.

5.1.2 Palskomplex

Palskomplexen inom området täcker stora ytor (63,4 % av den totala palsytan, ca 2 200 000 m²) och består av stora sammanhängande palsplattor samt mindre palsar och palsrester. I området lokaliseras 15 palskomplex, de största i de södra delarna. I regel är det på större flacka ytor som palskomplexen förekommer. Palskomplexen karaktäriseras av en kombination mellan sammanhängande plattor och flikiga kanter inom ett och samma komplex. Ett mönster som emellertid kan konstateras är att de mindre komplexen är mer flikiga än de stora palskomplexen. De mindre palskomplexen är precis större än 50 000 m² och de stora palskomplexen kan vara större än 350 000 m². Det finns även komplex intill ett vattendrag, ett biflöde till Könkämäälven, där det finns tecken på degradering och erosion längs vattnet (Figur 11).

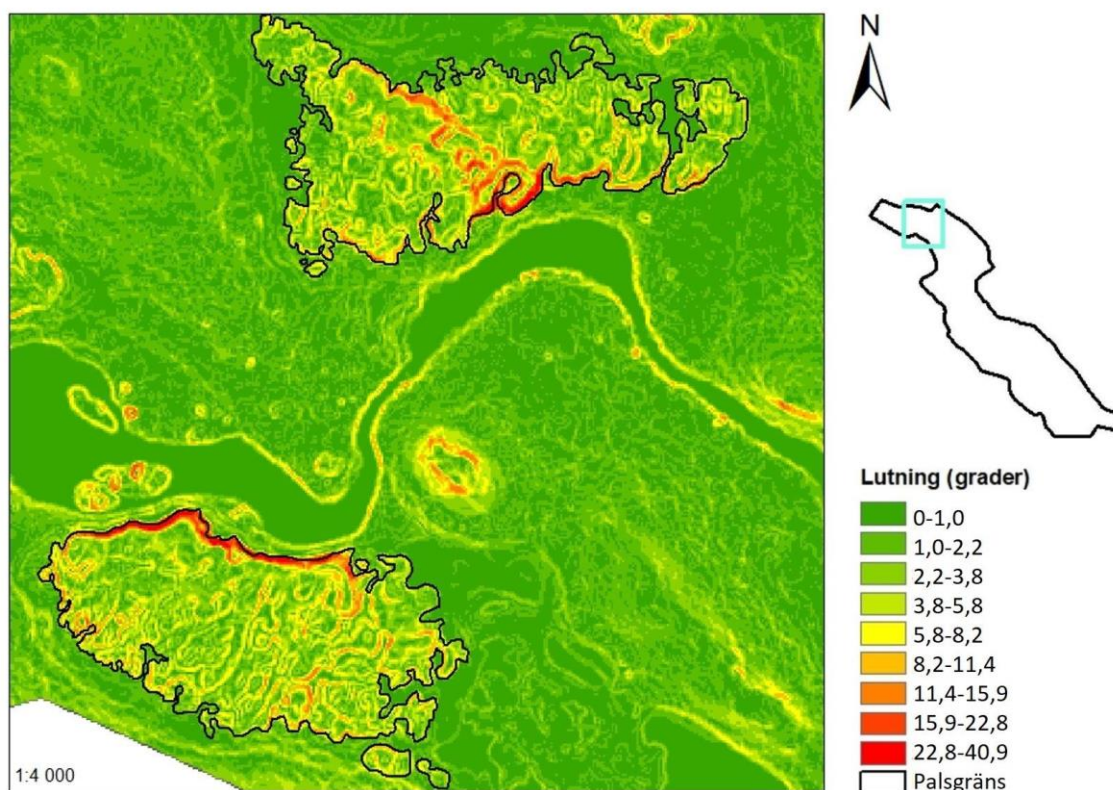


Figure 11. A slope map showing two palsa complexes on each side of a small river. The slope is clearly steepest on the side of the palsas facing the water.

Figur 11. En lutningskarta med två palskomplex på varsin sida av ett mindre vattendrag. Lutningen är klart brantast på sidan av palsarna som vetter mot vattnet.

Termokarstsjöar finns i och kring palskomplexen (Figur 12), vilket är tecken på att det även tidigare varit palsytor där (Luoto & Seppälä, 2003).



Figure 12: Orthophoto of a complex where thermokarst ponds are visible. To the right, remnants of previous palsas is visible, but signs of degradation within the complex are also visible in the form of internal thermokarst ponds and water accumulations along the northern edge, closest to the stream.

Figur 12: Ortofoto över ett komplex där termokarstsjöar är synliga. Till höger syns rester utav tidigare palsar men tecken på degradering inom komplexet finns också i form av interna termokarstsjöar samt vattenansamlingar längs kanten norrut närmast vattendraget.

5.1.3 Palsplatåer

Palsplatåerna förekommer främst i utkanten av palsyren samt i de norra delarna av palsyren, även om de kan förekomma mer centralt (Figur 10). Figur 13 visar ett exempel på en palsplatå, utifrån både DEM med terrängskuggning och ortofoto.

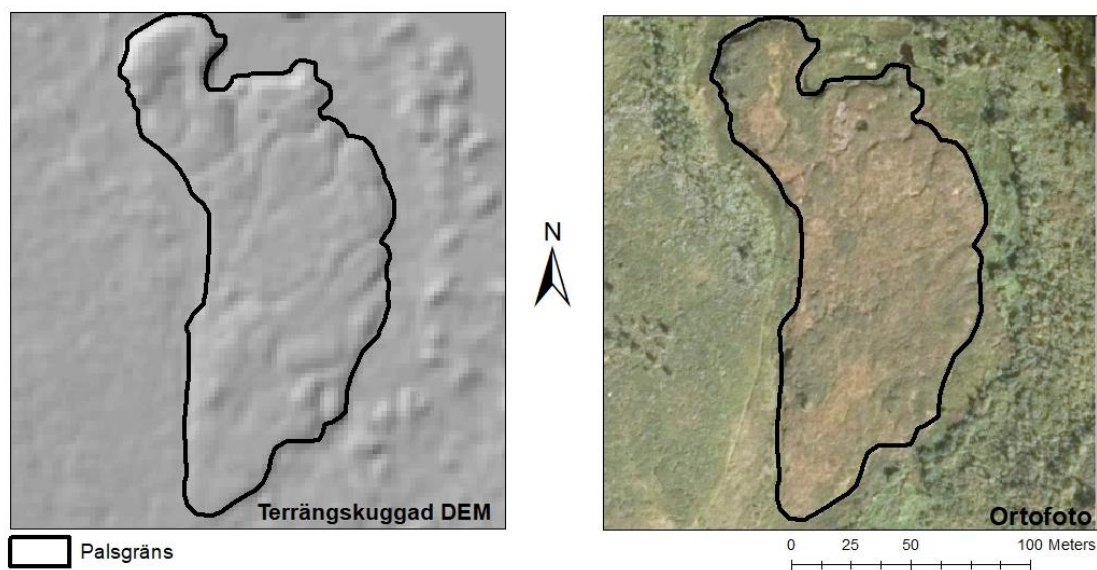


Figure 13. A visual example showing a plateau palsa with its boundaries drawn out, foregrounding both a hillshaded DEM and an orthophoto.

Figur 13. Ett visuellt exempel som visar en palsplatå med dess gränser utritade, med både en terrängskuggad DEM och ett ortofoto som bakgrund.

Inom studieområdet lokaliseras 73 solitära palsplatåer. Palsplatåerna inom studieområdet är morfologiskt mycket heterogena, med stora variationer i area, längd och bredd.

5.2 Subklassificering av palsplatåer och spatiala mönster

När enbart Range-klasserna karteras går det att skönja vissa rumsliga samband, då områden som domineras av flacka palsar (låg Range) kan definieras (Figur 14). De intressanta områdena sticker ut då studieområdet i övrigt inte är lika homogent som inom dessa specifika områden.

Även L/B- klasserna visar på rumsliga mönster där palsar med liknande form går att lokalisera i kluster i olika intressanta områden. Områdena är intressanta då de visar på rumslig homogenitet inom subklasserna.

Palsplatåerna delas in i klasserna A-C inom L/B-index och 1-3 inom Range. Tabell 4 och 5 visar hur de olika klasserna definieras efter sina respektive värden.

Table 4. Internal variation in elevation through the range value of each palsa type with an added color scheme to display each subclass from 1-3. The Range value that defines each class as well as the percentage of plateaus that each class constitutes is visible in the table.

Tabell 4. Range-värdet för varje pals, färgkodat för att visa varje subclass, 1-3. Varje klass Range-värde samt procenten av alla palsplatåer som varje klass utgör syns i tabellen.

	Range (m)	Procent av palsplatåer (%)
Klass 1	0 - 1,49	45,6
Klass 2	1,5 - 3	41,2
Klass 3	> 3	13,2

Table 5. L/B value of each palsa subclass, as well as the percentage of all palsa plateaus that each class represent.

Tabell 5. L/B-värdet för varje subclass samt hur många procent av alla palsplatåer som utgörs av vardera subclass.

	L/B-värde	Procent av palsplatåer (%)
Klass A	0 - 1,49	17,7
Klass B	1,5 - 3,5	66,2
Klass C	> 3,5	16,2

Vad gäller Range så sticker fyra områden ut där klass 1 och 2 förekommer i stor utsträckning över en begränsad yta. Områdena, som visualiseras i Figur 14, är flacka och koncentrerade till studieområdets nordligaste och sydligaste delar.

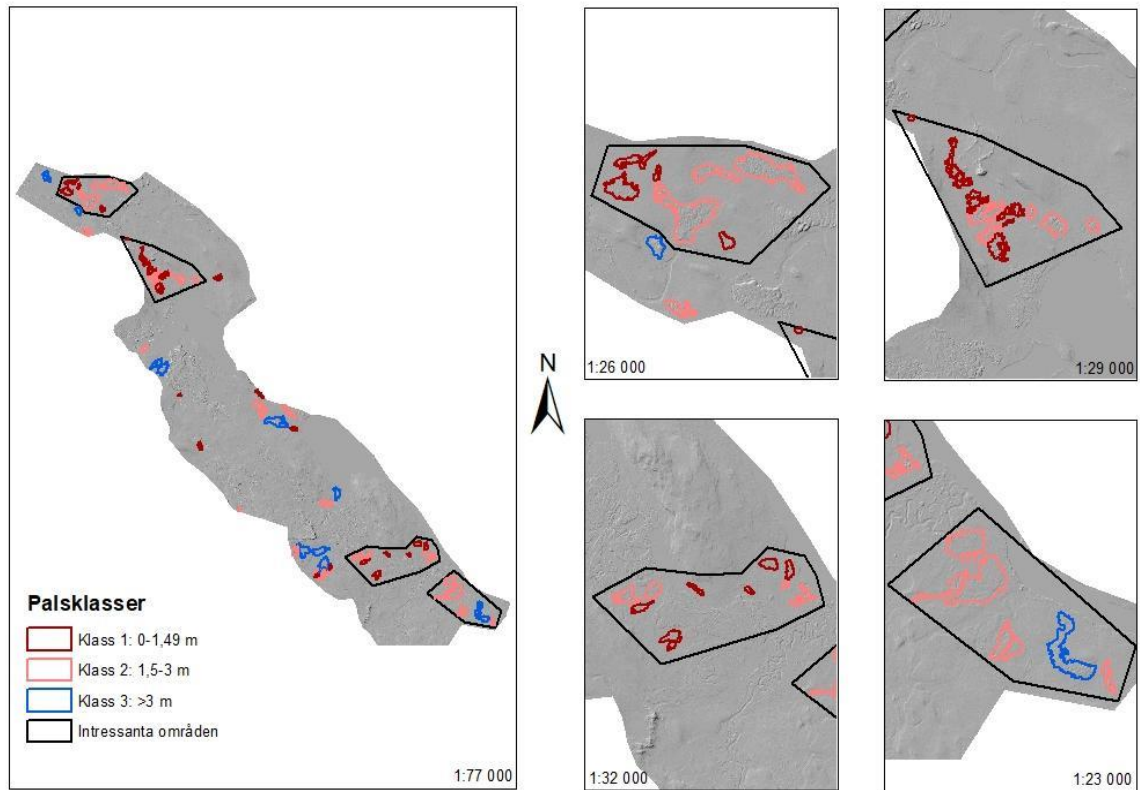


Figure 14. The four areas of interest found when mapping the different range subclasses. The areas stand out as rather coherently flat as compared with the rest of the study area which is more varied in terms of internal variations in elevation. Other areas of the study area either display higher range values, or a mix of very different range values over a limited spatial extent.

Figur 14. De fyra intressanta områdena som hittades vid karteringen av range-subklasser. Områdena sticker ut då de är sammanhängande flacka jämfört med resten av studieområdet som är mer varierat när det gäller interna höjdvariationer. Andra områden har antingen högre range-värden eller väldigt blandade värden på en begränsad yta.

Gällande L/B så sticker fem områden ut där klass A och B är förekommande i stor utsträckning över en begränsad yta. Även dessa områden är flacka men mer sporadiskt utspridda än de intressanta områdena vid rangeklassning (Figur 15). Resultatet av karteringen visar att fem områden kan urskiljas som är morfologiskt homogena jämfört med övriga studieområdet. I synnerhet Klass B, d.v.s. palsar med ett L/B-värde mellan 1,5 och 3,5 är framträdande.

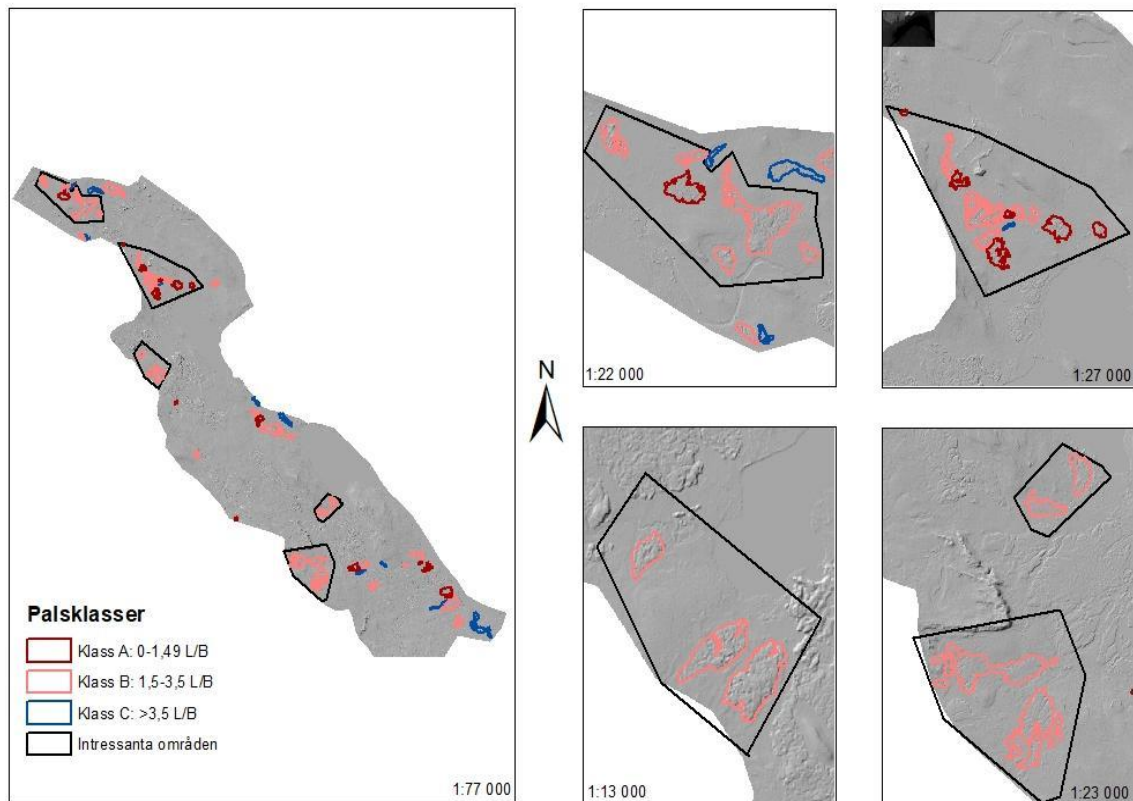


Figure 15. Each palsa plateau in Vissátvuopmi, color-coded after the L/B subclasses A-C.

Figur 15. Samtliga palsplatåer i Vissátvuopmi, färgkodade efter L/B-subklasserna A-C.

Den lokala höjddatan för respektive intresseområden inom både range och L/B klasserna talar om att alla palsplatåer i respektive område ligger på ungefär samma höjd inom den lokala topografin (Figurer 16 och 17).

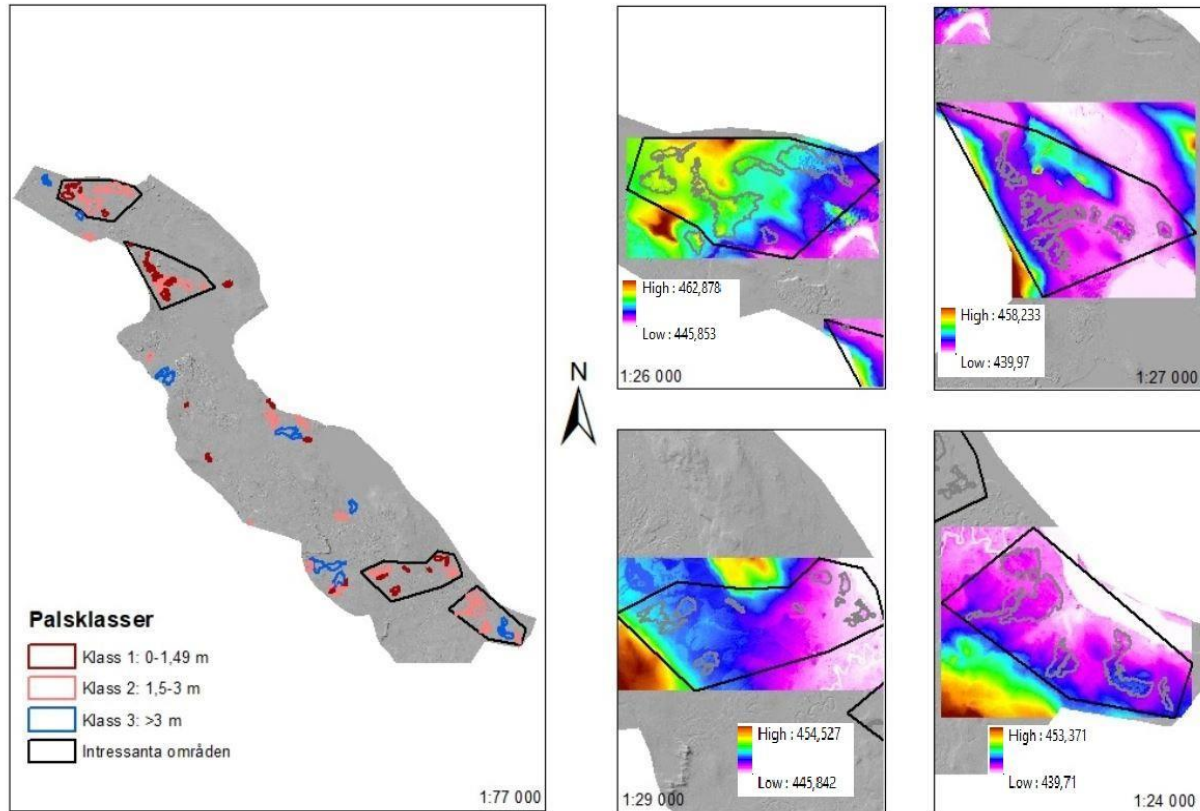


Figure 16. Maps showing elevation characteristics for the interesting areas of the Range subclasses. The areas with flatter palsas are shown to be in coherently flat areas of the mire, which explains the spatial distribution of the classes.

Figur 16. Kartor som visar höjdförhållanden inom de intressanta områdena för Range-klasserna. Områdena med flackare palsar är mer sammanhängande flacka överlag, vilket förklarar de rumsliga sambanden.

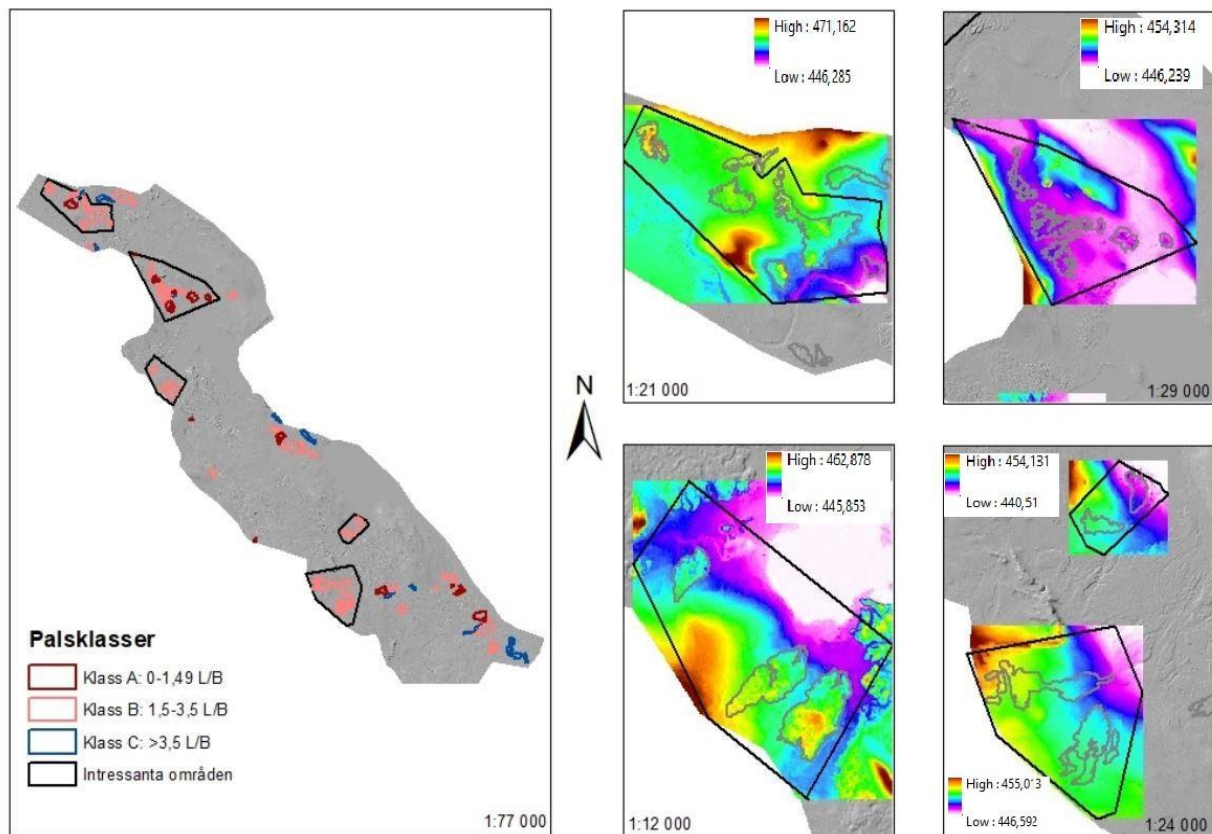


Figure 17. Maps showing elevation characteristics of the interesting areas of the L/B subclasses. The palsas areas seem to be internally largely coherent in elevation dynamics.

Figur 17. Kartor som visar höjdförhållanden inom de intressanta områdena för L/B-klasserna. Områdena verkar i stor utsträckning vara internt sammanhängande topografiskt.

5.3 Regressionsanalys

Resultaten av regressionsanalysen (Figur 18) visar på ett svagt statistiskt samband ($r^2 = 0,06$, $p < 0,05$) mellan palsarnas form (L/B) och höjd över havet. Detta betyder att 6% av variationen i palsplåtarnas form kan förklaras av höjden över havet. Ju högre höjd över havet desto rundare form på palsarna. Signifikansvärdet visar ett p-värde på 0,047 vilket betyder att resultatet är signifikant och med 95% sannolikhet stämmer.

Regressionsanalyserna som gjorts med andra variabler (exempelvis range och L/B mot varandra) gav inga statistiskt signifikanta resultat.

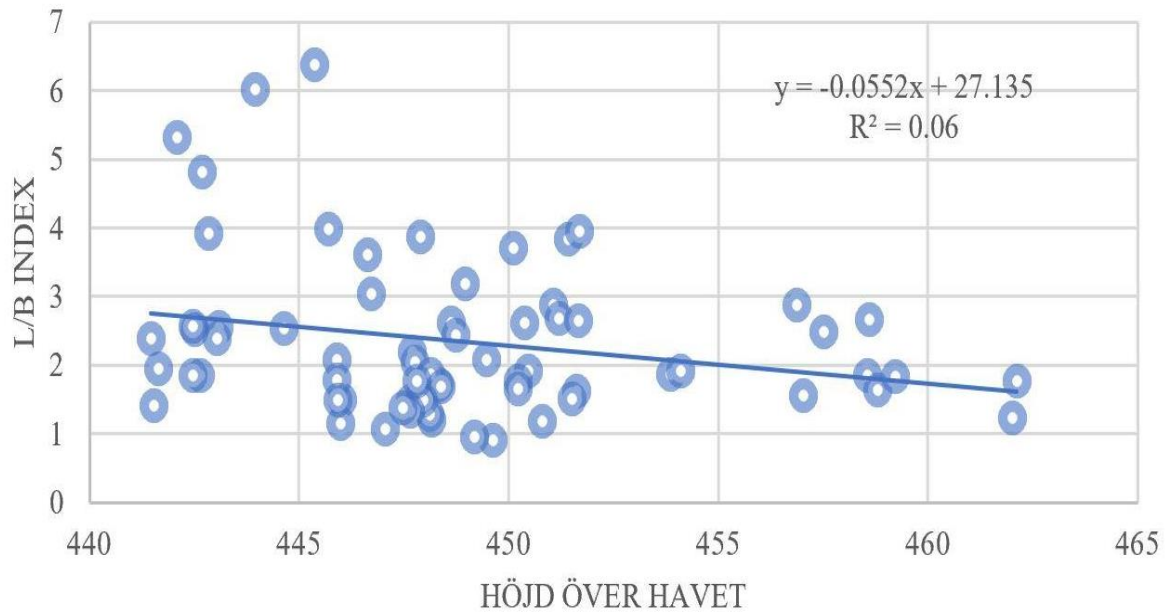


Figure 18. A regression analysis showing the relation between L/B and elevation a.m.s.l., indicating a relation between the two variables, indicated by an r^2 value of 0,06

Figur 18. Regressionsanalys som visar på ett samband mellan L/B och höjd över havet, vilket indikeras av ett r^2 -värde på 0,06.

6. Diskussion

Palsmyren Vissátvuopmi består till största del av palskomplex, men den palstyp med högst antal individer är palsplatåer. I åtanke bör också ha att stora delar av palskomplexen består av större palsplatåer. De subtyper av palsplatåer som lokaliserats förekommer till viss del i olika rumsliga mönster. Som resultatet visar är palsplatåer med stora interna höjdvariationer (klass 3) och avlånga palsplatåer (klass C) de minst vanliga, medan de andra klasserna förekommer i ett antal kluster. Det mest homogena sambandet tycks vara för palsplatåer som inte är särskilt avlånga, men ej heller helt runda (klass B, L/B-värde 1,5 - 3,5), som överlag är dominerande över myren. Inom vissa områden förekommer endast klass B, medan andra innefattar sådana palsar och mer jämnformiga, rundare palsplatåer (klass A). Rangeklasserna visar på liknande mönster, där palsplatåer med stora interna höjdvariationer är mindre vanligt förekommande och palsplatåer som är flackare finns samlade i ett antal kluster. För såväl Range som L/B finns naturligtvis undantag, och enstaka palsar av de olika klasserna förekommer utanför de intressantaste områdena.

Det tydligaste rumsliga sambandet som kan ses inom Åhmans klasser är att solitära palsplatåer som inte förekommer som del av ett större komplex finns till övervägande del i utkanten av palsmyren, nära omkringliggande sluttningar och berg. Dessa områden karaktäriseras av mer höglänta områden längs med studieområdets västra kant, samt kring Könkämäälven i sydost. De större komplexen är lokaliserade mer centralt i myren och en förklaring till detta skulle kunna vara lokala förhållanden som att det finns en större ackumulering av snö kring bergskanterna där det är mer lä än i mitten av myren som är mer öppen och utsatt för vind. Luoto & Seppälä (2002) antyder att palsar ofta förekommer på flackare områden, vilket även det skulle kunna förklara förekomsten av palskomplexen och de solitära palsplatåerna, eftersom de utbredda flacka områdena inhyser flest stora komplex. De topografiska förutsättningarna för palsbildning historiskt skulle utifrån detta kunna förklaras vara annorlunda över studieområdet. Det kan argumenteras för att där förutsättningarna är goda, med flack terräng, har många palsar bildats som kunnat växa sig stora och sammanfogas till mycket stora komplex, medan andra områden som varit mindre gynnsamma endast har givit upphov till solitära palsplatåer, då några större bildningar inte varit möjliga.

Karteringen av kupol- och åspals stämmer överens med resultaten från studien utförd av Olvmo et al. (2020). Att förekomsten av kupol-, ås- och strängpalsar är så liten (totalt 3 individer) kan inte förklaras utifrån den här studien. Karteringen av det palsplataområde som även karteras av Olvmo et al. (2020) stämmer även det överens studierna emellan, vilket ytterligare styrker säkerheten i karteringen.

Åhman (1977) påpekar att enligt sin litteraturstudie är kupolpalsen den vanligaste palsformen. Så var dock inte fallet i hans egen studie, och så är det ej heller här. Även mer sentida studier beskriver palsar som landformer som ofta är kupolformade (Tam, Gough, Kowal, & Xie, 2014; Zuidhoff & Kolstrup, 2005) vilket tyder på att det råder skillnader mellan olika områden och olika myrar. Det syns även i Borge et al. (2017), vars undersökta områden inte är lika dominerade av stora komplex, och ej heller är lika sammanhängande som i Vissatvuopmi. Lutningsanalysen som gjorts på de två palskomplexen (Figur 11) tycks dock stämma överens med Vallée & Payette (2007) som observerat ökad degradering nära vattendrag i Kanada.

De morfologiska skillnaderna mellan Vissatvuopmi och de områden i Finnmark i Norge som undersökts av Borge et al. (2017) skulle kunna vara en förklarande faktor till varför Borge finner högre degraderingshastigheter i Karlebotn, Lakselv, Suossjavri och Goatheluoppal än vad Olvmo et al. (2020) finner i Vissatvuopmi. De palsrester som konstaterats i området är just rester utav tidigare palsar och tyder på att det inte bildas nya palsar i området. Detta överensstämmer med tidigare studier att förutsättningarna för palsbildning försämrats (Olvmo et al., 2020).

Intressanta områden som har lokaliserats utifrån Range kännetecknas av flack topografi, vilket kan förklara den höga förekomsten av låga palsar. Utöver det så kan områden med palsar inom samma L/B-klass tyda på att palsar som bildas nära eller intill varandra får liknande form. Det kan bero på att den fysiska miljön påverkar palsens form. Det kan rimligen i förlängningen förklara ovan nämnda skillnader mellan olika områden.

Regressionsanalysen visar att det finns ett linjärt signifikant samband ($r^2=0,06$; $p < 0,05$) mellan formen på palsen (L/B) och höjd över havet, vilket innebär att ca 6 % av variationen i form på pals kan förklaras av förändringar i höjd över havet. Resultatet är signifikant och innebär att resultaten med 95% sannolikhet stämmer. Värt att notera är att det därmed också

finns 5% risk att sambandet bara är en slump och det går inte att uttala sig om orsaker för sambandet i denna studie, men resultatet är intressant för framtida studier.

Resultaten som framkommit i den här studien är viktiga och relevanta av flera anledningar. Eftersom olika palstyper tycks degradera i olika takt i ett förändrat klimat (Olvmo et al., 2020) så kan kunskap om vilka palsar som finns i ett område bidra med kunskap som ger en inblick i hur framtida degradering kan se ut ur ett rumsligt perspektiv. Palsar är även en indikator, synlig på markytan, på permafrost, och förändringar i palsutbredning kan även ge ledtrådar om förändringar i permafrosten (Tam et al., 2014). Det gör en heltäckande kartering av ett område, likt denna, mycket användbar då förändringar i permafrosten är viktiga att övervaka och kontrollera då palsmyrar kan vara stabila kolsänkor under rätt förhållanden (Christensen et al., 2012). Studier som denna torde alltså kunna bidra till att dessa unika ekosystem skyddas så långt som möjligt. Det är svårt att exakt bedöma generaliserbarheten i resultaten utan att fler myrar undersöks på samma sätt.

De felkällor som finns i metoden ligger till stor del i datans egenskaper. Eftersom höjddatan är en hopslagning av två år så finns det naturligtvis en felmarginal; förändringen mellan de tre åren går förlorad. Då den här studien syftar till att kartlägga och klassificera palsarna i mer generella drag snarare än att kolla på förändring över tid så påverkar inte det resultatet negativt. Ortofotot är från ett tredje år, 2016, men exaktheten i den datan är inte viktig då den endast tjänar som referens och inte facit över exakt palsarnas exakta utbredning.

Vid uppmätningen av de egna variablerna, närmare bestämt L/B, så är mätningen av längd och bredd gjord på det palsens längsta respektive bredaste område, vilket kan medföra vissa otydligheter, då en pals kan ha en bred punkt som sticker ut väldigt mycket från resten av palsen. Det kan leda till att palsen uppfattas som uniformt mycket bred, när det i själva verket finns interna variationer. På det stora hela har L/B emellertid uppfattats som ett användbart mått, och ovan nämnda problem utgör inga avgörande brister då måttet i regel ger en rimlig bild av palsens form.

Denna studie skrapar bara på ytan utav det stora område som är Vissátvuopmi och då flest solitära palsar var palsplataer har studien fokuserat mest på dessa då det finns stora variationer inom samma palstyp. Olika subklasser har skapats för att kunna skilja dessa åt

ytterligare men sett till den totala palsytan över myren så är den största delen pals det som kallas palskomplex. Vidare analys av dessa hade varit av stort intresse för att utöka förståelsen av dem. Klassificeringar likt denna vore även intressant att göra på andra studieområden, såväl i Fennoscandia som andra palsområden i världen, för att kunna se generaliserbarheten av den här studiens metoder.

Vidare forskning på huruvida palsmyren är en kolsänka och förändringar i permafrosten vore också intressant för att ytterligare utöka förståelsen för mycket som diskuteras här, och även mer djupgående hydrologiska kartläggningar och studier av området skulle vara av intresse för att undersöka degraderingen utifrån ett ytterligare perspektiv. Fler studier behövs även för att utforska de biologiska konsekvenserna av en total degradering av palsmyrarna i norra Europa (Luoto, Heikkinen & Carter, 2004), eftersom flera parametrar rimligen behövs för att kunna analysera problemet ur ett helhetsperspektiv. Även fler statistiska analyser hade kunnat göras på området. Som Olvmo et al. (2020) påpekar behövs även fler studier för att bättre förstå förhållandet mellan palsmorfologi och degraderingshastighet.

7. Slutsats

Palsmyren Vissátvuopmi domineras av palskomplex och solitära palsplatåer, vilka utgör 63,4% respektive 34,4% av den totala palsytan. Palsplatåerna förekommer främst i utkanten av myren medan palskomplexen förekommer främst i de centrala delarna av myren. Myren utmärker sig jämfört med andra studier på myrar, i till exempel norska Finnmark, som sammanhängande och med ett stort antal stora palskomplex och palsplatåer. Vissátvuopmi har alltså fler, större och mer sammanhängande palskomplex. Det finns även ett samband mellan palsplatåernas form och höjd över havet, men det går inte att säga vad det beror på. Vidare finns det tecken på att de hydrologiska förhållandena i området påverkar degradation av palsarna och kan studeras vidare för att ytterligare öka förståelsen av degraderingen.

Studien är tänkt att utgöra underlag för fortsatta studier om hur olika palstyper reagerar på klimatförändringar. Med stöd av den klassificering som görs här kan ytterligare studier genomföras på andra myrområden för att undersöka huruvida liknande mönster finns där, eller hur palsar på olika myrar degraderar i takt med uppvärmningen.

Referenser

Borge, A. F., Westermann, S., Solheim, I. & Etzelmüller, B. (2017). Strong degradation of palsas and peat plateaus in northern Norway during the last 60 years. *The Cryosphere*, *11*, 1-16. doi: 10.5194/tc-11-1-2017.

Cederbrant, J. & Wing, C. (2019). Kartläggning av palsars inre struktur med hjälp av georadarteknik, i Vissátvuopmi, Sverige (Kandidatuppsats). Göteborg: Institutionen för geovetenskaper, Göteborgs universitet. Hämtad 2020-05-15 från <https://gupea.ub.gu.se/handle/2077/62279>

Christensen, T. R., Jackowicz-Korczyński, M., Aurela, M., Crill, P., Heliasz, M., Mastepanov, M., & Friborg, T. (2012). Monitoring the Multi-Year Carbon Balance of a Subarctic Palsa Mire with Micrometeorological Techniques. *AMBIO*, *41*, 207-217. doi: 10.1007/s13280-012-0302-5

Fronzek, S., Luoto, M. & Carter, T. R. (2006). Potential effect of climate change on the distribution of palsa mires in subarctic Fennoscandia. *Climate Research*, *32*, 1-12. doi: 10.3354/cr032001.

IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC: Geneva, Switzerland, 151 pp.

Kjellman, S. E., Axelsson, P. E., Etzelmüller, B., Westermann, S., & Sannel, A. B. K. (2018). Holocene development of subarctic permafrost peatlands in Finnmark, northern Norway. *The Holocene*, *28*, 1855-1869. doi: 10.1177/0959683618798126

Luoto, M., Heikkinen, R. K., & Carter, T. M. (2004). Loss of palsa mires in Europe and biological consequences. *Environmental Conservation*, *31*, 30-37. doi: 10.1017/S0376892904001018

Luoto, M. & Seppälä, M. (2002). Modelling the Distribution of Palsas in Finnish Lapland with Logistic Regression and GIS. *Permafrost and Periglacial Processes*, 13, 17-28. doi: 10.1002/ppp.404

Luoto, M. & Seppälä, M. (2003). Thermokarst ponds as indicators of the former distribution of palsas in Finnish Lapland. *Permafrost and Periglacial Processes*, 14, 19-27. doi: 10.1002/ppp.441

Länsstyrelsen Norrbotten (2014). Kartering av Sveriges palsmyrar. Luleå: Länsstyrelsen

Olvmo, M. & Lidmar-Bergström, K. (2015). *Plains, steps, hilly relief and valleys in northern Sweden - review, interpretations and implications for conclusions on Phanerozoic tectonics*. (Research Paper, C 838). Uppsala: Sveriges Geologiska Undersökning, SGU.

Olvmo, M., Holmer, B., Thorsson, S., Reese, H., & Lindberg, F. (2020). Sub-arctic palsa degradation and the role of climatic drivers in the largest coherent palsa mire complex in Sweden (Vissátvuopmi), 1955-2016. *Nature Scientific Reports*, 10, 8937. doi: 10.1038/s41598-020-65719-1

Seppälä, M. (1986). The origin of palsas. *Geografiska Annaler: Series A*, 68, 141-147. doi: 10.1080/04353676.1986.11880167.

Seppälä, M. (1990). Depth of Snow and Frost on a Palsa Mire, Finnish Lapland. *Geografiska Annaler. Series A, Physical Geography, Vol. 72*, 191-201. doi: 10.1080/04353676.1990.11880315

Seppälä, M. (2010). Synthesis of studies of palsa formation underlining the importance of local environmental and physical characteristics. *Quaternary Research* 75, (2011) 366–370. doi: 10.1016/j.yqres.2010.09.007

Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut (SMHI) (2017a). Normal uppmätt årsnederbörd, medelvärde 1961-1990. Hämtad 2020-05-05 från:

<http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/nederbord/normal-uppmatt-arsnederbordmedelvarde-1961-1990-1.4160>

Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut (SMHI) (2017b). Normal årsmedeltemperatur. Hämtad 2020-05-05 från:

<http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/temperatur/normal-arsmedeltemperatur1.3973>

Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut (SMHI) (2017c) Normalt antal dygn med snötäcke per år. Hämtad 2020-05-05 från: <http://www.smhi.se/data/meteorologi/sno/normalt-antal-dygn-med-snotacke-per-ar-1.7937>

Tam, A., Gough, W. A., Kowal, S., & Xie, C. (2014). The Fate of Hudson Bay Lowlands Palsas in a Changing Climate. *Arctic, Antarctic and Alpine Research*, 46, 114-120. doi: 10.1657/1938-4246-46.1.114

Vallée, S. & Payette, S. (2007). Collapse of permafrost mounds along a subarctic river over the last 100 years (northern Québec). *Geomorphology*, 90, (2007) 162–170. doi: 10.1016/j.geomorph.2007.01.019

Zuidhoff, F. S. & Kolstrup, E. (2000). Changes in palsa distribution in relation to climate change in Laivadalen, northern Sweden, especially 1969-1997. *Permafrost and Periglacial Processes*, 11, 55-69. doi: 10.1002/%28SICI%291099-1530%28200001/03%2911%3A1<55%3A%3AAID-PPP338>3.0.CO%3B2-T

Zuidhoff, F. S. & Kolstrup, E. (2005). Palsa Development and Associated Vegetation in Northern Sweden. *Arctic, Antarctic and Alpine Research*, 37, 49-60. doi: 10.1657/1523-0430(2005)037[0049:PDAAVI]2.0.CO;2

Åhman, R. (1977). Palsar i Nordnorge: En studie av palsars morfologi, utbredning och klimatiska förutsättningar i Finnmarks och Troms fylke (Doktorsavhandling). Lund: Universitas Regia Lundensis.